



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**STUDI PERENCANAAN KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH
PADA SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK
ACEH**

Erwin Darussalam Pratama
NRP 2214 105 105

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D
Ir. Ni Ketut Aryani, MT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**STUDY OF PLANNING OVERCURRENT PROTECTION
COORDINATION AT ELECTRICAL SYSTEM PT. SEMEN
INDONESIA ACEH PLANT**

Erwin Darussalam Pratama
NRP 2214 105 105

Advisor

Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D
Ir. Ni Ketut Aryani, MT

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Fakulty of Industrial Teknologi
Sepuluh Nopember Institute of Teknologi
Surabaya 2016

**STUDI PERENCANAAN KOORDINASI PROTEKSI
ARUS LEBIH PADA SISTEM KELISTRIKAN
PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir Ontoseno Penangsang M.Sc., Ph.D
NIP.194907151974121001

Ir. Ni Ketut Aryani, MT
NIP.196509011991032002



ABSTRAK

Nama : Erwin Darussalam Pratama
NRP : 2214105105
Pembimbing I : Prof. Ir Ontoseno Penangsang M.Sc., Ph.D
Pembimbing II : Ir. Ni Ketut Aryani, MT

Studi Perencanaan Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh

PT. Semen Indonesia sebagai salah satu pabrik semen terbesar di kawasan Indonesia Timur melakukan rencana penambahan pabrik baru yang berlokasi di Aceh untuk menunjang proses produksi guna memenuhi permintaan pasar. Dengan penambahan pabrik baru di Aceh, dibutuhkan perencanaan pengaman yang baik pada desain sistem kelistrikan yang sudah ada agar kontinuitas produksi tidak terganggu dan nilai keandalan tinggi. Melalui tugas akhir ini dilaksanakan studi koordinasi proteksi arus lebih pada PT. Semen Indonesia pabrik Aceh yang tepat dalam mendeteksi dan mengisolir gangguan sehingga tidak mengganggu sistem yang berjalan dan mencegah kerusakan peralatan listrik.

Hasil plot koordinasi kurva arus waktu pada tiap alternatif yang didapat melalui hasil analisis dan perhitungan manual direkomendasikan penyetelan *pick up* rele arus lebih dan penyetelan *grading time* rele baik rele arus lebih gangguan fasa maupun rele arus lebih gangguan tanah. *Setting* rele gangguan tanah untuk trafo distribusi 6.3kV dengan sistem pentahanan NGR 25A direkomendasikan penggunaan *setting* rele 51G dengan kurva *definite* karena besar gangguan satu fasa ke tanah merupakan gangguan hubung singkat dan nilainya sesuai dengan NGR. Selain itu dalam alternatif yang dianalisa, nilai *setting* arus rele 51 gangguan fasa berbeda meskipun pada tipikal yang sama dikarenakan kontribusi besar arus short circuit yang berbeda.

Kata Kunci : Gangguan, koordinasi proteksi, rele arus lebih gangguan fasa, rele arus lebih gangguan tanah

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

ABSTRACT

Name : Erwin Darussalam Pratama
NRP : 2214105105
Advisor I : Prof. Ir Ontoseno Penangsang M.Sc., Ph.D
Advisor II : Ir. Ni Ketut Aryani, MT

Study of Planning Overcurrent Protection Coordination at Electrical System PT. Semen Indonesia Aceh Plant

PT . Semen Indonesia as one of the largest cement plant in the eastern of Indonesia is planning to add new plants located in Aceh to support the process of production to meet market demand. With the addition new plant in Aceh, it takes a good protection planning at existing design of electrical system to protect continuity of production and the system have high reliability. Through this final project carried out the correct studies on the over current coordination protection at electrical system PT Semen Indonesia Aceh plant in order to detecting and isolating the fault so the running system is not disturbed and prevent damage to electrical equipment.

The results of time current curve in each design of elctrical system plannings obtained from analysis and manual calculation result give the recommendation to set pick up and adjustment grading time of overcurrent relays both of phasa OCR and ground fault relay (GFR). The setting of ground fault relay for distribution trafo 6.3 kV with NGR 25A recommended to use 51G relay with definite curve because the single line to ground fault current is a short circuit fault and matching to the NGR value. Based on analysis in each design of electrical system, the value of pick up setting for 51 OCR phasa is different although in same typical. Its caused the value of contribution short circuit is different in each design.

Keywords : Fault, coordination of protection , overcurrent relay, ground fault relay

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB 2 KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik	8
2.2 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	8
2.2.1 Gangguan Beban Lebih	8
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat.....	8
2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	9
2.3.1 Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.....	9
2.3.2 Hubung Singkat Antar Fasa.....	9
2.3.3 Hubung Singkat Fasa ke Netral	9
2.3.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	10
2.4 Peralatan Proteksi Sistem Tenaga Listrik.....	10
2.4.1 Instrumen Pengukuran	10
2.4.2 Peralatan Pemutus Rangkaian	11
2.5 Persyaratan Proteksi	11
2.6 Rele Arus Lebih	12
2.7 Penyetelan ReleArusLebih.....	12
2.7.1 Rele Arus Lebih dengan Karakteristik Invers.....	13

2.7.2 Rele Arus Lebih dengan Karakteristik Instantaneous	14
2.8 Koordinasi Arus dan Waktu.....	14
2.9 Rele Gangguan Tanah	15

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH

3.1 Sistem Kelistrikan Alternatif 1 Menggunakan Sumber PLN.....	17
3.1.1 Sistem Distribusi	17
3.1.2 Sistem Pentanahan	19
3.2 Sistem Kelistrikan Alternatif 1 Menggunakan Sumber Generator	
2x35 MW	20
3.2.1 Sistem Distribusi	20
3.2.2 Data Sumber Pembangkit	21
3.2.3 Sistem Pentanahan	22
3.2.3.1 Pentanahan Generator.....	22
3.2.3.2 Pentanahan Trafo.....	22
3.3 Metodologi Simulasi.....	24

BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh	27
4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi Setting Rele Pengaman Pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh.....	27
4.3 Analisis Arus Hubung Singkat.....	29
4.3.1 Hubung Singkat Maksimum.....	29
4.3.2 Hubung Singkat Minimum.....	30
4.3.3 Hubung Singkat Gangguan Satu Fasa ke Tanah	32
4.4 Koordinasi ReleArusLebih Gangguan Fasa.....	32
4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 1 Alternatif 1.....	31
4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 2 Alternatif 1.....	40
4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 3 Alternatif 1.....	46
4.4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 4 Alternatif 1.....	50
4.4.5 Koordinasi ReleArusLebih Gangguan Tanah Tipikal 5 Alternatif 1	53
4.4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 1 Alternatif 2.....	58
4.4.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 2 Alternatif 2.....	66
4.4.8 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 3 Alternatif 2.....	72
4.4.9 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 4 Alternatif 2.....	76

4.4.10 Koordinasi ReleArusLebih Gangguan Tanah Tipikal 5	
Alternatif 2.....	78

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86

DAFTAR PUSTAKA	87
-----------------------------	-----------

RIWAYAT PENULIS.....	89
-----------------------------	-----------

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Koefisien <i>inverse</i> time dial	14
Tabel 3.1 Data impedansi trafo alternatif 1.....	18
Tabel 3.2 Data sistem pentanahan trafo alternative 1.....	19
Tabel 3.3 Data impedansi trafo alternatif 2.....	21
Tabel 3.4 Data reaktansi generatoralternatif 2.....	21
Tabel 3.5 Data sistem pentanahan generator alternatif 2.....	22
Tabel 3.6 Data reaktansi generatoralternatif 2.....	22
Tabel 4.1 Data hubung singkat maksimum 4 cycle alternatif 1.....	29
Tabel 4.2 Data hubung singkat maksimum 4 cycle alternative 2.....	30
Tabel 4.3 Data hubung singkat maksimum 30 cycle alternatif 1.....	31
Tabel 4.4 Data hubung singkat maksimum 30 cycle alternative 2.....	31

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Flow chart metodologi pengerjaan tugas akhir.....	4
Gambar 2.1 Zona Pengaman.....	7
Gambar 2.2 Skema konsep kerja rele pengaman.....	12
Gambar 2.3 Karakteristik kurva <i>standart inverse, very inverse</i> <i>dan extremely inverse dan long inverse</i>	13
Gambar 2.4 Batas ketelitian arus berdasarkan BS 142.....	15
Gambar 4.1 Koordinasi rele tipikal 1 alternatif 1.....	33
Gambar 4.2 Kurva TCC tipikal 1 alternatif 1.....	39
Gambar 4.3 Koordinasi rele tipikal 2 alternatif 1.....	40
Gambar 4.4 Kurva TCC tipikal 2 alternatif 1.....	45
Gambar 4.5 Koordinasi rele tipikal 3 alternatif 1.....	46
Gambar 4.6 Kurva TCC tipikal 3 alternatif 1.....	49
Gambar 4.7 Koordinasi rele tipikal 4 alternatif 1.....	50
Gambar 4.8 Kurva TCC tipikal 4 alternatif 1.....	52
Gambar 4.9 Koordinasi rele GFR tipikal 5 alternatif 1.....	53
Gambar 4.10 Kurva TCC tipikal 5 alternatif 1.....	57
Gambar 4.11 Koordinasi rele tipikal 1 alternatif 2.....	58
Gambar 4.12 Kurva TCC tipikal 1 alternatif 2 (1).....	64
Gambar 4.13 Kurva TCC tipikal 5 alternatif 2 (2).....	65
Gambar 4.14 Koordinasi rele tipikal 2 alternatif 2.....	66
Gambar 4.15 Kurva TCC tipikal 2 alternatif 2.....	71
Gambar 4.16 Koordinasi rele tipikal 3 alternatif 2.....	72
Gambar 4.17 Kurva TCC tipikal 3 alternatif 2.....	75
Gambar 4.18 Koordinasi rele tipikal 4 alternatif 2.....	76
Gambar 4.19 Kurva TCC tipikal 4 alternatif 2.....	78
Gambar 4.20 Koordinasi rele GFR tipikal 5 alternatif 2.....	79
Gambar 4.21 Kurva TCC tipikal 5 alternatif 2.....	82

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri semen. Saat ini, Semen Gresik memiliki 3 pabrik dengan kapasitas terpasang 8,2 juta ton semen per tahun yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Untuk mengantisipasi semakin meningkatnya permintaan semen baik untuk kebutuhan dalam negeri maupun kebutuhan luar negeri, PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk (group), yang terdiri dari PT. Semen Padang, PT. Semen Tonasa dan PT. Semen Indonesia, berencana untuk membangun pabrik semen baru dengan kapasitas 3 juta ton yang berlokasi di Aceh. Dengan adanya rencana tersebut maka dibutuhkan keandalan yang tinggi untuk menunjang produksi yang baik. Sistem dikatakan memiliki keandalan tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya. Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi listrik secara kontinyu.

Peralatan dalam industri semen umumnya memiliki kapasitas elektrik sesuai rating masing masing. Hal ini menuntut adanya perencanaan pengamanan yang baik agar alat tersebut tidak terkontaminasi dengan gangguan tidak sesuai rating dan dapat merusak peralatan. Hal yang dapat merusak peralatan antara lain adalah arus. Perubahan arus yang signifikan dengan magnitudo tertentu akan menyebabkan banyak dampak buruk yang terjadi pada peralatan. Salah satu gangguan arus adalah arus lebih yang berasal dari short circuit ataupun starting motor. Gangguan tersebut dapat mengganggu keandalan dan juga mengganggu produksi dari industri. Dengan perancangan pembangunan pabrik baru pada PT. Semen Indonesia, maka perlu dilakukan analisa setting dan koordinasi rele pengamanan arus lebih (Over Current Relay) yang akan digunakan serta menggambarkan kurva karakteristiknya.

Hasil simulasi koordinasi proteksi pada sistem distribusi dengan menggunakan teknik STAR didapatkan hasil yang baik mengenai kapasitas pengamanan dan setting yang dibutuhkan. Selain bisa

digunakan untuk plot kurva juga bisa dilihat sekuektial trip dari rele sehingga dalam mendesain lebih akurat.

Dengan menganalisa dan merencanakan kurva kerja dan urutan kerja peralatan pengaman (proteksi) sepanjang saluran dari sumber daya ke beban diharapkan dapat mencegah atau membatasi kerusakan jaringan beserta peralatannya serta dapat menjaga kontinuitas produksi semen.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah Perbandingan 2 alternatif perencanaan Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh dan koordinasi rele pengaman arus lebih agar didapatkan hasil *setting* yang sesuai dengan kebutuhan. Kedua alternatif tersebut adalah menggunakan sumber dari PLN dan menggunakan sumber sendiri 2x35 MW.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis membatasi permasalahan yang dibahas adalah analisis aliran daya pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh, kemudian melakukan analisis hubungan singkat gangguan fasa dan gangguan hubungan singkat ketanah sehingga dapat ditentukan setelan rele dan koordinasi rele arus lebih gangguan fasa dan rele arus lebih gangguan tanah. Rele dan Circuit Breaker (CB) yang digunakan diasumsikan sama dengan yang digunakan PT. Semen Indonesia Pabrik Rembang. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tugas akhir ini memiliki tujuan mensimulasikan dan menganalisis perencanaan sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh untuk mengetahui *setting* dan koordinasi rele pengaman arus lebih berdasarkan gangguan yang terjadi akibat sistem supply yang berbeda dalam perencanaannya yakni kondisi pertama menggunakan supply dari PLN dan yang kedua menggunakan supply sendiri dengan menggunakan generator 2x35 MW.

Hasil yang diharapkan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah dapat memberikan manfaat, yaitu menjadi referensi dan rekomendasi bagi PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh khususnya setelan dan koordinasi rele pengaman arus lebih dan juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya tentang koordinasi rele pengaman arus lebih.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data dan studi literatur

Hal yang dilakukan pertama kali adalah pengumpulan data dan studi literatur untuk menambah pemahaman mengenai permasalahan yang dihadapi. Data yang diperlukan adalah *rating* generator, trafo, kabel, motor, kapasitas busbar dan *single line diagram* PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh serta *single line diagram* PT. Semen Indonesia Pabrik Rembang sebagai acuan perencanaan. Literatur yang digunakan berupa beberapa buku, jurnal ilmiah, serta *user manual* peralatan.

2. Pemodelan dan simulasi

Penulis melakukan pemodelan dengan menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6. Dalam tugas akhir ini dilakukan pemodelan *single line diagram* pada *software* simulasi. Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya dan hubung singkat. Tujuan dilakukan pemodelan dan simulasi ini agar dapat diketahui besarnya daya yang mengalir ke beban dan arus hubung singkat yang terjadi pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh.

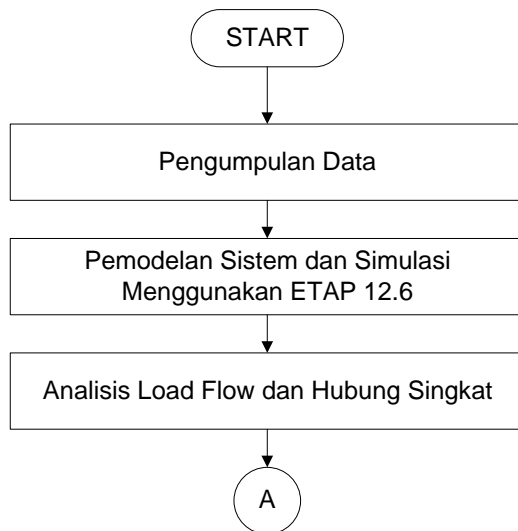
3. Analisis

Hasil dari simulasi aliran daya dan hubung singkat digunakan untuk menganalisis setelan dan koordinas rele-rele pengaman arus lebih gangguan fasa dan gangguan tanah yang terpasang pada sistem kelistrikan PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh. Analisis ini dilakukan dengan menunjukkan perhitungan *high set*

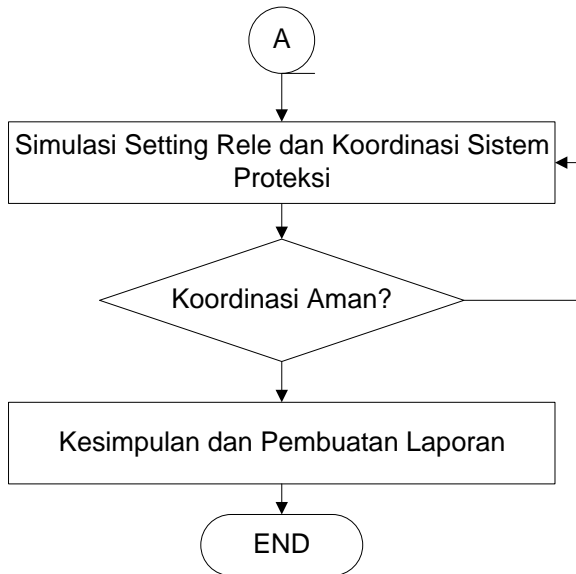
dan *low set*, sehingga didapatkan nilai *time dial*, *time delay*, *setting time over current pick-up*, *instantaneous pick-up*, dan plot *time current curve (TCC)*. Dari hasil analisis ini, akan diketahui apakah *setting* dan koordinasi rele pengamanan arus lebih yang terpasang sudah tepat atau masih perlu diperbaiki lagi sehingga dilakukan *resetting* rele dan koordinasi rele pengamanan yang tepat.

4. Kesimpulan

Langkah akhir dari penyusunan tugas akhir ini adalah pembuatan kesimpulan dari hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan. Selain itu juga akan diberikan saran dan rekomendasi tentang penelitian yang telah dilakukan. Alur metodologi penyusunan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flowchart* pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 *Flow chart* metodologi pengerjaan tugas akhir



Gambar 1.1 *Flow chart* metodologi pengerjaan tugas akhir (lanjutan)

1.6 Sistematika penulisan

Untuk memudahkan pembahasan yang akan dilakukan, tugas akhir ini terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi pengerjaan tugas akhir, sistematika pembahasan dan relevansi dari penulis.

BAB II : KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

Pada bab ini menjelaskan teori-teori penunjang yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB III : PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN PT.SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH.

Dalam bab ini dijelaskan metode pelaksanaan studi serta penerapannya dalam studi kasus pada sistem tenaga listrik PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh, bagaimana konfigurasinya dan beberapa hal mengenai operasi sistem tenaga listrik PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh.

BAB IV : HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan. Dalam bab ini akan disajikan analisis terhadap kinerja dan koordinasi rele arus lebih ketika terjadi gangguan, serta beberapa rekomendasi untuk memperbaiki setelan yang sudah ada sehingga menghasilkan koordinasi rele pengaman yang lebih baik.

BAB V : PENUTUP

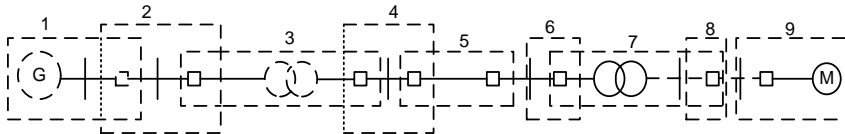
Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil simulasi, studi literatur dan analisis yang telah dilakukan.

BAB 2

KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

Sistem proteksi merupakan komponen pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengamankan sistem kelistrikan dan peralatan dari kerusakan akibat arus gangguan. Selain itu sistem proteksi juga berfungsi untuk melokalisasi dampak gangguan sehingga peralatan pada daerah lain tetap dapat beroperasi. Sistem proteksi yang terpasang harus diatur sedemikian rupa agar dapat memutus arus gangguan yang muncul dengan cepat dan selektif ketika terjadi gangguan. Rele yang terdekat dengan lokasi gangguan harus dapat memutus arus gangguan yang terjadi secepat mungkin. Jika rele ini gagal mengamankan gangguan tersebut maka rele di atasnya yang menjadi backup akan segera bekerja sesuai setting waktu yang telah ditentukan. Oleh karena itu dibutuhkan setting waktu dan arus yang tepat agar didapatkan koordinasi yang baik ketika terjadi gangguan.

Sistem tenaga listrik jika dibagi dalam zone pengamanan (*protection zone*) tergantung dari peralatan dan keberadaan atau pemasangan pemutus tenaga (*circuit breaker*), wilayah/zone proteksi yang ada di sistem tenaga listrik seperti terlihat pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Zona Pengaman Suatu *Power System*

1. Proteksi Generator
2. Proteksi bus tegangan rendah
3. Proteksi transformator
4. Proteksi tegangan tinggi
5. Proteksi saluran
6. Proteksi tegangan rendah
7. Proteksi transformator
8. Proteksi tegangan rendah
9. Proteksi beban

2.1 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Gangguan mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan dapat juga didefinisikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban.

2.2 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan timbulnya arus berlebih yang mungkin terjadi diantaranya gangguan beban lebih (overload), gangguan hubung singkat (short circuit), dan gangguan tegangan lebih.

2.2.1 Gangguan Beban Lebih (Overload)

Gangguan ini terjadi dikarenakan arus yang mengalir melebihi arus nominal yang diizinkan pada peralatan ($I > I_n$). Sehingga bila gangguan ini dibiarkan terjadi tanpa adanya penanganan maka akan merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat

Jenis gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat seimbang (balance fault) dan gangguan hubung singkat tidak seimbang (unbalance fault). Gangguan ini dapat mengakibatkan mengalirnya arus lebih pada fasa dan kenaikan tegangan. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan tidak simetri.

Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri. Sebagian besar gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan asimetri terjadi akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah. Adanya hubung singkat dapat mengakibatkan kontinuitas daya terganggu dikarenakan adanya pemutusan oleh *circuit breaker* selain itu juga dapat merusak peralatan listrik jika tidak segera diamankan.

Gangguan-gangguan yang sering timbul karena adanya gangguan hubung singkat antara lain:

1. Kerusakan pada peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
2. Stabilitas daya pada sistem menurun
3. Kontinuitas pelayanan listrik ke beban dapat terhenti apabila gangguan hubung singkat tersebut sampai mengakibatkan circuit breaker (CB) bekerja sehingga terjadi pemadaman listrik.

2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Menghitung besar arus hubung singkat pada sistem distribusi dapat dilakukan sebagai berikut: Arus yang cukup tinggi akan mengalir dari sumber ke titik gangguan pada saat terjadi hubung singkat. Sumber arus hubung singkat yaitu : sistem utility, generator, motor sinkron dan motor induksi. Besarnya arus yang mengalir ini dipengaruhi oleh nilai reaktansi sumber dan reaktansi pada rangkaian yang dilalui arus hubung singkat.

2.3.1 Hubung singkat tiga fasa ke tanah

Hubung singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubung singkat tiga fasa (I_{sc3}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc3} = \frac{VLN}{X1} \quad (2.1)$$

Di mana VLN adalah tegangan nominal *line to netral*, dan X1 adalah reaktansi urutan positif.

2.3.2 Hubung Singkat Antar Fasa

Hubung singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc2}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc2} = \frac{VLL}{X1+X2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3} \approx 0.866 I_{sc3} \quad (2.2)$$

2.3.3 Hubung singkat fasa ke netral

Hubung singkat ini terjadi antara salah satu fasa dengan netral. Arus hubung singkat fasa ke netral (I_{sc1}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc1} = \frac{VLL/\sqrt{3}}{Z_{sc}+Z_{LN}} \quad (2.3)$$

Dengan Z_{LN} adalah impedansi netral.

2.3.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat ini melibatkan impedansi urutan nol (Z_0), dan besarnya arus hubung singkat ini tergantung sistem pentanahan yang digunakan. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc0}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc0} = \frac{3V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0} \quad (2.4)$$

2.4 Peralatan Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Sistem proteksi pada jaringan distribusi didukung oleh beberapa peralatan utama. Peralatan utama inilah yang berfungsi langsung mengatasi gangguan dan mengisolasi bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih dapat beroperasi dengan baik. Peralatan utama sistem proteksi ini terdiri atas instrumen pengukuran dan peralatan pemutus rangkaian

2.4.1 Instrumen Pengukuran

Instrument pengukuran adalah peralatan proteksi yang berfungsi melakukan pembacaan besaran arus maupun tegangan dan meneruskan informasi ini ke relai proteksi. Jika besaran arus atau tegangan pada jaringan melewati setting yang telah ditentukan pada relai dimana terjadinya gangguan, maka relai atau CB akan segera memutus dan mengisolasi gangguan dari sistem. Instrument pengukuran ini dapat berupa trafo arus (current transformer/CT) atau trafo tegangan (potential transformer/PT).

a. Trafo arus (current transformer/ CT)

Current Transformer (CT) merupakan peralatan yang berfungsi mentransformasikan besaran arus listrik agar dapat diaplikasikan untuk keperluan pengukuran ataupun proteksi. CT digunakan jika arus yang mengalir melalui jaringan terlalu besar sehingga tidak sesuai dengan rating peralatan pengukuran maupun proteksi. Prinsip kerja transformator arus sama dengan transformator 1 fasa. Ketika arus mengalir pada kumparan primer maka akan timbul gaya gerak magnet yang kemudian menghasilkan fluks pada inti. Fluks tersebut kemudian akan mengalir menuju kumparan sekunder dan menghasilkan tegangan terinduksi pada kumparan sekunder. Jika terminal pada sisi sekunder tertutup dan transformator tersebut merupakan transformator ideal.

b. Trafo tegangan (potential transformator/PT)

Trafo tegangan (potential transformator/PT) merupakan instrument pengukuran yang dikombinasikan dengan pengaman tegangan. Selain digunakan dikombinasikan dengan pengaman, PT juga digunakan sebagai pengukuran tegangan yang berskala besar agar lebih mudah untuk diukur. Sama halnya dengan current transformer, potential transformer pengukuran berupa tegangan.

2.4.2 Peralatan Pemutus Rangkaian

Peralatan pemutus rangkaian adalah peralatan proteksi yang berfungsi mengisolasi jaringan yang mengalami gangguan. Relai proteksi, circuit breaker dan fuse termasuk dala kategori ini.

2.5 Persyaratan Proteksi

Yang termasuk pada persyaratan proteksi antara lain

a. Selektifitas

Selektifitas adalah relai harus mampu memilih bagian mana yang harus diisolir pada saat terjadi gangguan. Untuk mendapatkan selektifitas, pengaman harus mampu membedakan antara keadaan yang memerlukan pemutusan karena gangguan atau tidak memerlukan pemutusan karena bersifat sementara, sehingga hanya bagian yang terkena gangguan saja yang dipisahkan. Tingkat keandalan selektifitas dapat dicapai dengan dua cara, yaitu pembagian daerah pengamanan dan setting waktu dari tiap pengaman yang saling terkoordinasi.

b. Andal

Ketika pengaman gagal dalam mengisolasi gangguan maka akan mengakibatkan bertambah luasnya daerah gangguan, oleh karena itu untuk menanggulangi supaya tidak terjadi kegagalan pengaman, keberadaan pengaman harus benar-benar andal. Pada keadaan normal relai pengaman tidak bekerja, dan hanya bekerja ketika terjadi gangguan saja.

c. Sensitifitas

Sensitifitas dapat diartikan relai pengaman harus cukup peka menanggapi setiap gangguan sekecil apapun yang terjadi.

d. Cepat

Cepat dalam hal ini diartikan bahwa pengaman harus mengisolasi gangguan dan mengamankan system ketika terjadi gangguan dengan waktu secepat mungkin agar kerusakan peralatan dapat dihindari.

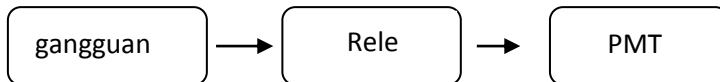
e. Ekonomis

Secara ekonomis relai atau peralatan pengaman harus lebih murah dibandingkan peralatan yang diamankan dan dampak jika terjadi gangguan.

2.6 Rele Arus Lebih

Salah satu jenis rele pengaman yang digunakan dalam system tenaga listrik sebagai pengaman sistem atau peralatan dari gangguan adalah rele arus lebih. Gangguan yang dapat diatasi oleh rele arus lebih adalah gangguan berupa overload atau short circuit dimana kedua gangguan tersebut berdampak pada peningkatan arus melebihi arus nominal (I_n) yang bekerja pada sistem. Rele ini bekerja berdasarkan setting waktu dan arus yang telah ditentukan oleh pengguna. Ketika terjadi gangguan maka CT akan mentransformasikan besaran arus gangguan untuk dibaca oleh rele pengaman dan dibandingkan dengan setting pada rele pengaman tersebut untuk menentukan respon membuka CB ataupun tidak.

If $> I_n$ rele bekerja (trip)
If $< I_n$ rele tidak berja (blok)



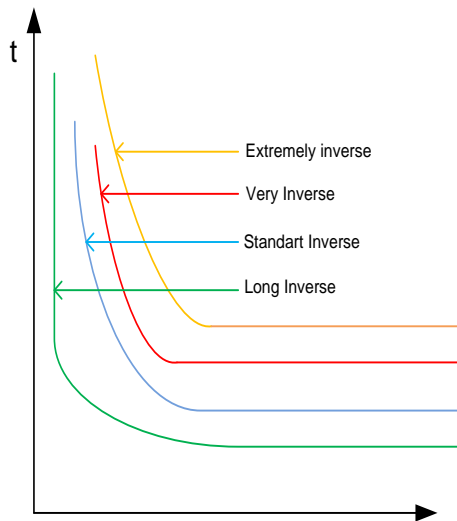
Gambar 2.2 Skema konsep kerja rele pengaman

2.7 Penyetelan Rele Arus Lebih

Pada pengaplikasiannya rele arus lebih digunakan untuk mengamankan gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*). Rele arus lebih ini hampir melindungi semua peralatan pada sistem tenaga listrik misalnya jaringan transmisi, trafo, generator, dan motor. Rele arus lebih dapat berupa Rele arus lebih waktu tertentu, Rele arus lebih waktu *invers*, Rele arus lebih waktu instan.

2.7.1 Rele Arus Lebih dengan karakteristik *Invers*

Rele arus lebih waktu inverse memiliki waktu operasi yang terbalik dengan besarnya arus gangguan. Dapat dikatakan rele akan bekerja semakin cepat ketika arus gangguan semakin besar. Nilai *time dial* juga mempengaruhi kecepatan rele bekerja, dimana semakin besar *time dial* maka semakin lama waktu operasi dari rele tersebut.



Gambar 2.3 Karakteristik Kurva *Extremely Inverse, Very Inverse, Standart Inverse Dan Long Inverse*

Batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak bekerja pada saat beban maksimum. Oleh karena itu *setting* arusnya harus lebih besar dari arus beban maksimum. Menurut standart british BS 142 batas nilai setting adalah 1,05–1,4 I_{FL} . Pada rele arus lebih, besarnya nilai arus pickup ditentukan dengan pemilihan nilai tap menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Rasio_CT} \quad (1)$$

I_{set} adalah arus *pickup* dalam Ampere. Menurut standart British BS-142 batas penyetelannya adalah $1.05 I_{FLA} < I_{set} < 1.4 I_{FLA}$. Dimana I_{FLA} adalah adalah arus saat beban maksimum peralatan .Selain, menentukan nilai tap

setting juga ditentukan setting time dial. Setting nilai time dial untuk masing-masing kurva invers rele dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = Td \times \left\{ \frac{K}{\beta \times \left[\left(\frac{I_{scmax}}{I_{pickup}} \right)^\alpha - 1 \right]} \right\} \tag{2}$$

- Di mana :
- t = waktu operasi (detik)
 - Td = *time dial*
 - I_{scmax} = nilai arus (Ampere)
 - I_{set} = arus *pickup* (Ampere)
 - k = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2.1)
 - α = koefisien invers 2
 - β = koefisien invers 3

Table 2.1 Koefisien invers *time dial*

Tipe kurva	Koefisien		
	K	α	β
<i>Standar Inverse</i>	0,14	0,02	2,97
<i>Very Inverse</i>	13.5	1	1,5
<i>Extremely Inverse</i>	80	2	0,808

2.7.2 Rele Arus Lebih dengan karakteristik *Instantaneous*

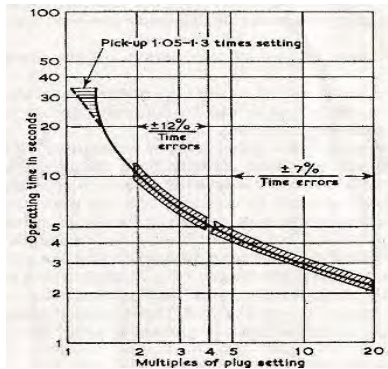
Penyetelan Rele Arus Lebih Waktu Tertentu Rele arus lebih instan akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Dalam menentukan setelan pickup instan ini digunakan $I_{sc \ min}$ yaitu arus hubung singkat 2 fasa pada pembangkitan minimum. Sehingga setting ditetapkan:

$$I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \ min}$$

2.8 Koordinasi Arus dan Waktu

a. *Setting Arus*

Pada dasarnya batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus setting-nya harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Berdasarkan gambar dibawah.



Gambar 2.4 Batas Ketelitian *Setting* Arus Berdasarkan Standart BS 142

b. *Setting* waktu

Penyetelan waktu rele terutama dipertimbangkan terhadap kecepatan dan selektivitasnya kerja dari rele. untuk menentukan harus dihitung arus hubung maksimum singkat maksimum yaitu arus hubung singkat tiga fasa pada pembangkitan maksimum. gangguan yang dihitung di daerah terdekat dengan Bus atau CB. Untuk waktu operasi dari rangkaian pengaman, yaitu waktu yang diperlukan untuk *pick-up* sampai kontak CB terbuka.

Berdasar standart IEEE 242 sebagai berikut:

- Waktu terbuka CB : 0,04 - 0,1 det (2 - 5 cycle)
- Overtravel dari rele : 0,1 det
- Factor keamanan : 0,12 - 0,22 det

Dengan mempertimbangkan standart IEEE untuk waktu yang dprioritaskan antara 0,2 - 0,4s .

2.9 Rele Gangguan ke Tanah

Rele gangguan tanah merupakan rele pengaman arus lebih yang dilengkapi dengan zero sequence current filter. Rele gangguan tanah bekerja untuk mengamankan gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah. Rele gangguan tanah digunakan pada pada sistem yang membatasi arus gangguan tanah. Misalnya sistem pentanahan netral dengan pentanahan resistansi dimana impedansi yang rendah mampu mengurangi arus gangguan ke tanah.

Setting rele gangguan ke tanah adalah :

$$5 - 10\% \times I_{sc\ L-G} \leq I_{set} \leq 50\% I_{sc\ L-G}$$

Dengan $I_{sc\ L-G}$ merupakan arus hubung singkat satu fasa ke tanah.

Ketika dalam system terdapat NGR maka $I_{sc\ L-G}$ digantikan dengan besar $INGR$. Maka persamaan menjadi

$$5 - 10\% \times INGR \leq I_{set} \leq 50\% INGR$$

BAB 3

PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH

Perencanaan Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh memiliki total beban 45 MVA. Dalam perencanaannya sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh memiliki 3 alternatif sistem kelistrikan antara lain :

1. Sistem kelistrikan menggunakan sumber PLN
2. Sistem kelistrikan menggunakan sumber Generator 2x35 MW
3. Sistem kelistrikan menggunakan sumber PLN dan Generator 2x25 MW

Dalam setiap alternative sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh yang direncanakan mempunyai karakteristik peralatan dan level tegangan yang berbeda beda. Akan tetapi yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah alternative 1 dan alternative 2 yaitu penggunaan sumber PLN dan sumber pembangkitan sendiri dengan generator 2x35MW.

3.1 Sistem Kelistrikan Alternative 1 Menggunakan Sumber PLN

Perencanaan alternatif 1 menggunakan sumber dari PLN untuk mensuplai beban yang direncanakan terpasang pada sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh. Sistem distribusi yang digunakan dalam perencanaanya adalah sistem distribusi radial dengan level tegangan distribusi yang berbeda beda. Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi antara lain 150 kV pada tegangan tinggi, 6.3 kV pada tegangan menengah dan 0.4 kV untuk tegangan rendahnya. Single line diagram sistem kelistrikan alternatif 1 PT Semen Indonesia Pabrik Aceh dapat dilihat di lampiran.

3.1.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban. Sistem distribusi yang digunakan pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh adalah sistem distribusi radial. Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh

memiliki sumber energi listrik dari feeder PLN dengan tegangan 150kV. Adapun MVA hubung singkat feeder PLN sebesar 3091 MVA_{sc}. Dari tegangan 150 kV diturunkan oleh trafo step down menjadi tegangan menengah 6.3 kV. Tegangan menengah ini akan diturunkan dengan trafo *step down* menjadi tegangan rendah 0.4 kV. Data impedansi trafo dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1Data impedansi trafo alternatif 1

no	Trafo ID	Lokasi	MVA	kV	Impedansi	
					Z (%)	X/R ratio
1	811TX01	Main Bus PLN	30	150/6,3	12,5	30
2	811TX02	Main Bus PLN	30	150/6,3	12,5	30
3	811TX03	Main Bus PLN	30	150/6,3	12,5	30
4	831TM053	KILN Preheater	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67
5	831TM052	KILN Preheater	3	6,3/ 0,4	7	10,67
6	831TM12.2	831MV121	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1

3.1.2 Sistem Pentanahan

Untuk mengamankan sistem dari gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah pada distribusi sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh diperlukan sistem pentanahan yang sesuai. Sistem pentanahan trafo pada sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh menggunakan beberapa jenis pentanahan trafo distribusi tenaga listrik. Sistem pentanahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data sistem pentanahan trafo alternatif 1

No	Trafo ID	MVA	kV	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	811TX01	30	150/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
2	811TX02	30	150/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
3	811TX03	30	150/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
4	831TM01.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
5	831TM02.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
6	831TM03.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
7	831TM04.1	3	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
8	831TM05.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
9	831TM05.2	3	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
10	831TM05.3	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
11	831TM05.4	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
12	831TM06.1	1,6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
13	831TM07.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
14	831TM08.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
15	831TM08.2	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid

No	Trafo ID	MVA	kV	Hubungan Belitan	Pentanahan
16	831TM09.1	1,6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
17	831TM10.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
18	831TM11.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
19	831TM12.1	1,6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
20	831TM12.2	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
21	831TM13.1	2,5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
22	821TM01.1	1	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid

3.2 Sistem Kelistrikan Alternative 2 Menggunakan Sumber Generator 2x35 MW

Perencanaan alternatif 2 menggunakan sumber dari generator 2x35 MW untuk mensuplai beban yang direncanakan terpasang pada sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh. Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi antara lain 11 kV pada tegangan tinggi, 6.3 kV pada tegangan menengah dan 0.4 kV untuk tegangan rendahnya. Single line diagram sistem kelistrikan alternatif 2 PT Semen Indonesia Pabrik Aceh dapat dilihat di lampiran.

3.2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban. Sistem distribusi yang digunakan pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh adalah sistem distribusi radial. Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh memiliki sumber energi listrik dari generator 2x35 MW dengan tegangan output 11kV. Dari tegangan 11 kV diturunkan oleh trafo step

down menjadi tegangan menengah 6.3 kV. Tegangan menengah ini akan diturunkan dengan trafo *step down* menjadi tegangan rendah 0.4 kV. Data impedansi trafo dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3Data Impedansi trafo alternatif 2

no	Trafo ID	Lokasi	MVA	kV	Impedansi	
					Z (%)	X/R ratio
1	811TX01	Main Bus PLN	30	11/6,3	12.5	30
2	811TX02	Main Bus PLN	30	11/6,3	12.5	30
3	811TX03	Main Bus PLN	30	11/6,3	12,5	30
4	831TM053	KILN Preheater	2,5	6,3/0,4	7	10,67
5	831TM052	KILN Preheater	3	6,3/0,4	7	10,67
6	831TM12.2	831MV121	2,5	6,3/0,4	7	7,1

3.2.2 Data Sumber Pembangkit

Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh memiliki sumber energi listrik berupa generator 2 x 35 MW. Adapun data reaktansi generator dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Data reaktansi generator alternative 2

no	Generator	MW	Kv	pf	Reactance (%)	
					Xd''	Xd'
1	841BG02	35	11	80	19	28
2	841BG03	35	11	80	19	28

3.2.3 Sistem Pentanahan

Untuk mengamankan sistem dari gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah pada distribusi sistem kelistrikan PT. Semen Tonasa dan sistem transmisi pada sistem kelistrikan PT. Semen Tonasa pada tegangan 70 kV diperlukan sistem pentanahan yang sesuai.

3.2.3.1 Pentanahan Generator

Sistem kelistrikan PT Semen Tonasa menggunakan sistem tegangan 11 kV untuk generator baru 2 x 35 MW dan 6.3 kV untuk generator lama 2 x 25 MW. Berikut ini adalah data sistem pentanahan generator dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Data sistem pentanahan generator alternatif 2

No	Generator	Rating Tegangan	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	841BG02	11	Bintang	Solid
2	841BG04	11	Bintang	Solid

3.2.3.2 Pentanahan Trafo

Sistem pentanahan trafo pada sistem kelistrikan PT Semen Tonasa menggunakan beberapa jenis pentanahan trafo untuk sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik. Sistem pentanahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Data sistem pentanahan trafo alternatif 2

No	Trafo ID	MVA	kV	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	811TX01	30	11/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
2	811TX02	30	11/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
3	811TX03	30	11/6,3	Bintang-Bintang	NGR 25A
4	831TM01.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
5	831TM02.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid

no	trafo ID	MVA	kV	hubungan belitan	pentanahan
6	831TM03.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
7	831TM04.1	3	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
8	831TM05.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
9	831TM05.2	3	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
10	831TM05.3	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
11	831TM05.4	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
12	831TM06.1	1.6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
13	831TM07.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
14	831TM08.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
15	831TM08.2	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
16	831TM09.1	1.6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
17	831TM10.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
18	831TM11.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
19	831TM12.1	1.6	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
20	831TM12.2	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid

no	trafo ID	MVA	kV	hubungan belitan	pentanahan
21	831TM13.1	2.5	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid
22	821TM01.1	1	6,3/0,4	Delta - Bintang	Solid

3.3 Metodologi Simulasi

Dalam perencanaan koordinasi proteksi banyak hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil koordinasi yang baik dalam mengamankan sistem dari gangguan yang terjadi. Langkah awal yang harus dilakukan adalah pemodelan sistem kelistrikan berdasarkan data yang telah didapatkan. Dimana dari data tersebut dapat diketahui spesifikasi dari peralatan baik arus maupun tegangan. Metodologi simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan data-data yang ada, meliputi data generator, data sumber PLN, data pembebanan, data sigle line diagram dan data trafo dapat dilakukan simulasi load flow pada *software*.
2. Dari hasil *running sotware* didapatkan nilai arus yang mengalir pada feeder pengaman. Arus tersebut digunakan untuk menentukan spesifikasi *continous ampere* dari breaker pengaman yang ada pada feeder tersebut selain itu juga digunakan untuk menentukan besar dari ratio CT yang digunakan. Selain bergantung pada load flow perlu diperhatikan juga kapasitas nominal arus pada tiap beban yang akan diamankan.
3. Analisa simulasi *short circuit* menggunakan *software* didapatkan hasil arus short circuit pada bus. Arus *short circuit* ini juga memepengaruhi dalam penentuan spesifikasi breaker pengaman.
4. Arus hasil *running load flow* atau pengamatan spesifikasi beban digunakan untuk menentukan besar setting arus

pada *lowset* rele. Dan arus hubung singkat digunakan untuk menentukan besar *setting highset* pada rele pengaman. *Setting* waktu yang digunakan tetap mengacu pada persyaratan rele dan ketentuan grading sebesar 0.2-0.4s.

5. Dari hasil analisa secara manual, maka dapat dilakukan analisa menggunakan *software* koordinasi proteksi, dimana dengan *software* ini dapat dilihat alur koordinasi dan waktu trip rele ketika terjadi gangguan.
6. Selain menganalisa dengan menggunakan simulasi *software* dapat juga dianalisa dengan menggunakan kurva TCC yang dihasilkan oleh *software*. Dengan ini dapat dilakukan analisa secara menyeluruh melibatkan arus *starting* motor, arus inrush, kurva *damage* trafo dan lain lain.
7. Ketika dari hasil simulasi koordinasi proteksi dan pengamatan TCC dirasa sistem masih belum bekerja dengan baik, maka dilakukan analisa ulang dan simulasi ulang hingga tercapai koordinasi yang baik dalam mengamankan sistem dari gangguan.

Halaman Ini sengaja Dikosongkan

BAB 4

Hasil Simulasi dan Analisis Koordinasi Proteksi PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh

Pemodelan perencanaan sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh dilakukan dengan cara membuat *single line diagram* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Dalam membuat *single line diagram* dibutuhkan beberapa data peralatan, yaitu data kabel, trafo, generator, motor, bus, rele dan sistem pentanahan.

Setelah memodelkan sistem dengan membuat *single line diagram* sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh dapat diketahui sistem kelistrikan *existing*. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis aliran daya (*load flow*) untuk mengetahui kondisi sistem telah dalam kondisi *steady state*, sehingga dari analisis tersebut dapat diketahui tegangan bus, pembebanan trafo, pembebanan bus, rugi-rugi daya listrik dan faktor daya pada tiap *feeder*.

4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi Setting Rele pengaman pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh.

Untuk mempermudah dalam melakukan setting koordinasi proteksi di PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh, maka dibuat beberapa tipikal yang dapat mewakili sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh. Tipikal ini akan menjadi acuan dalam setting koordinasi proteksi yang lain.

Pada koordinasi pengaman arus lebih PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh dipilih 4 tipikal yang mewakili keseluruhan sistem dalam setiap alternative perencanaan sistem. Tipikal-tipikal tersebut dipilih atas dasar saluran terpanjang, saluran terpendek yang terkoordinasi dengan saluran terpanjang, serta beban terbesar. Keempat tipikal untuk alternatif 1 dengan sumber PLN tersebut antara lain :

1. Koordinasi rele pengaman dari sumber PLN hingga beban motor tegangan menengah 7100 kW. Pemilihan tipikal ini berdasarkan beban motor dengan kapasitas besar. Tipikal ini terdiri dari beberapa level tegangan, yaitu 150kV dan 6.3 kV. Tipikal ini selanjutnya akan disebut dengan tipikal 1.

2. Koordinasi rele pengaman antara 831-TM061 dan bus HV01/MAIN BUS. Tipikal ini selanjutnya disebut dengan tipikal 2. Pemilihan tipikal ini mewakili tipikal koordinasi terpanjang pada substation 2 beban PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.
3. Koordinasi rele pengaman dari bus 821MV021 hingga 831.TM4 untuk selanjutnya disebut dengan tipikal 3. Pemilihan tipikal ini mewakili koordinasi rele terpanjang pada beban PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.
4. Koordinasi pengaman tegangan rendah dari 831TM052 hingga lump 831-MC 05.6 yang selanjutnya disebut dengan tipikal 4. Pemilihan tipikal ini mewakili beban lump terbesar pada sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.
5. Koordinasi rele gangguan tanah pada PT Semen Indonesia Pabrik Aceh dimulai dari bus HV01/MAIN BUS hingga 831TM061 merupakan tipikal koordinasi rele gangguan tanah tipikal terpanjang pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh. Pemilihan tipikal ini berdasarkan koordinasi rele terpanjang gangguan satu fasa ke tanah PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.

Sedangkan untuk tipikal koordinasi pengaman pada alternative 2 dengan sumber generator 2x35MW adalah sebagai berikut :

1. Koordinasi rele pengaman dari sumber Generator hingga beban motor tegangan menengah 7100 kW. Pemilihan tipikal ini berdasarkan beban motor dengan kapasitas besar. Tipikal ini terdiri dari beberapa level tegangan, yaitu 11kV dan 6.3 kV. Tipikal ini selanjutnya akan disebut dengan tipikal 1.
2. Koordinasi rele pengaman antara 831-TM061 dan bus HV01/MAIN BUS. Tipikal ini selanjutnya disebut dengan tipikal 2. Pemilihan tipikal ini mewakili tipikal koordinasi terpanjang pada substation 2 beban PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.
3. Koordinasi rele pengaman dari bus 821MV021 hingga 831.TM4 untuk selanjutnya disebut dengan tipikal 3. Pemilihan tipikal ini mewakili koordinasi rele terpanjang pada beban PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.
4. Koordinasi pengaman tegangan rendah dari 831TM052 hingga lump 831-MC 05.6 yang selanjutnya disebut dengan tipikal 4. Pemilihan tipikal ini mewakili beban lump terbesar pada sistem kelistrikan PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.

5. Koordinasi rele gangguan tanah pada PT Semen Indonesia Pabrik Aceh dimulai dari bus HV01/MAIN BUS hingga 831TM061 merupakan tipikal koordinasi rele gangguan tanah tipikal terpanjang pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh. Pemilihan tipikal ini berdasarkan koordinasi rele terpanjang gangguan satu fasa ke tanah PT Semen Indonesia Pabrik Aceh.

4.3 Analisis Arus Hubung Singkat

Setelah melakukan analisis load flow pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan analisis hubung singkat (*short circuit*) pada bus tipikal yang telah dipilih, dimana analisis hubung singkat ini digunakan untuk menentukan *setting* rele arus lebih terutama untuk *setting highest* dari pengaman arus lebih. Terdapat dua paramter hubung singkat yang digunakan dalam setting pengaman, yaitu arus hubung singkat maksimum dan arus hubung singkat minimum. Hubung singkat maksimum adalah hubung singkat 3 fasa ke tanah pada saat 4 *cycle* dan hubung singkat minimum adalah hubung singkat antar fasa pada saat 30 *cycle*.

4.3.1 Hubung Singkat Maksimum

Hubung singkat maksimum terjadi saat PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh bekerja pada keadaan normal. Hubung singkat maksimum 4 cycle digunakan untuk *setting* rele dan *setting* kelambatan waktu 0.08-0.5 s. Hubung singkat maksimum digunakan sebagai batasan arus hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi. Pada simulasi gangguan hubung singkat maksimum dilakukan pada bus-bus dalam tipikal yang telah dipilih. Hasil simulasi hubung singkat maksimum alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 4.1 dan pada alternatif 2 dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.1 Data hubung singkat maksimum 4 *cycle* alternative 1

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc max 4 cycle (kA)
1	BUS HV01/ MAIN BUS PLN	150	12,478
2	821MV011	6,3	27,325

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc max 4 cycle (kA)
3	831MV041	6,3	15,383
4	BUS 341FN01M01	6,3	14,754
5	821MV021	6,3	23,7
6	831MV052	6,3	13,594
7	831MV061	6,3	4,928
8	821MV042	6,3	23,7
9	831MV121	6,3	17,341
10	831LV052	0,4	33,178

Tabel 4.2 Data hubung singkat maksimum 4 *cycle* alternative 2

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc max 4 cycle (kA)
1	BUS HV01/ MAIN BUS PLN	11	31,969
2	821MV011	6,3	22,07
3	831MV041	6,3	14,573
4	BUS 341FN01M01	6,3	14,036
5	821MV021	6,3	18,865
6	831MV052	6,3	12,065
7	831MV061	6,3	4,8
8	821MV042	6,3	18,865
9	831MV121	6,3	14,68
10	831LV052	0,4	32,589

4.3.2 Hubung singkat Minimum

Hubung Singkat minimum terjadi pada saat PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh bekerja normal. Hubung singkat minimum 30 *cycle* digunakan untuk menentukan high *setting* rele arus lebih instan.

Sehingga apabila terjadi gangguan hubung singkat pada arus gangguan minimum, rele tersebut dapat bekerja secara instan sesuai dengan arus pick up yang telah disetting dan pada waktu melalui time delay yang telah ditentukan. Pada simulasi gangguan hubung singkat minimum dilakukan pada bus-bus dalam tipikal yang telah dipilih. Hasil simulasi hubung singkat minimum dapat dilihat pada tabel 4.3 untuk alternatif 1 dan 4.4 untuk alternatif 2.

Tabel 4.3 Data hubung singkat minimum 30 cycle alternatif 1

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc min 30 cycle (kA)
1	BUS HV01/ MAIN BUS PLN	150	10,306
2	821MV011	6,3	17,989
3	831MV041	6,3	8,09
4	BUS 341FN01M01	6,3	7,739
5	821MV021	6,3	17,065
6	831MV052	6,3	9,721
7	831MV061	6,3	3,919
8	821MV042	6,3	17,065
9	831MV121	6,3	13,085
10	831LV052	0,4	24,084

Tabel 4.4 Data hubung singkat minimum 30 cycle alternatif 2

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc min 30 cycle (kA)
1	BUS HV01/ MAIN BUS PLN	11	17,256
2	821MV011	6,3	11,806
3	831MV041	6,3	6,715
4	BUS 341FN01M01	6,3	6,47

no	Bus	Tegangan (kV)	Isc min 30 cycle (kA)
5	821MV021	6,3	11,259
6	831MV052	6,3	7,556
7	831MV061	6,3	3,645
8	821MV042	6,3	11,259
9	831MV121	6,3	9,404
10	831LV052	0,4	22,953

4.3.3 Hubung Singkat Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Analisis hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah dilakukan untuk menentukan *setting* rele arus lebih gangguan tanah (*ground fault relay*). Pada simulasi hubung singkat gangguan satu fasa ke tanah dilakukan pada bus-bus dalam tipikal yang telah dipilih.

4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

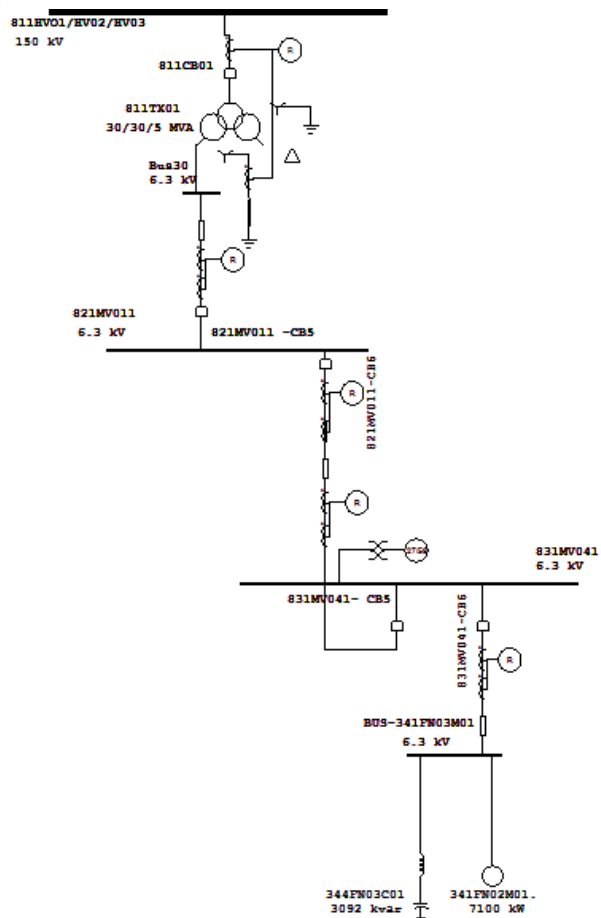
Koordinasi rele arus lebih gangguan fasa adalah pemilihan pada peralatan pengaman yang memiliki tujuan untuk mengisolasi suatu sistem pada saat terjadi rele gangguan arus lebih fasa saja. Gangguan yang terjadi dapat berupa gangguan beban lebih dan gangguan hubung singkat. Sehingga setelah koordinasi proteksi yang tepat diperlukan untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas daya listrik.

Pada koordinasi rele arus lebih dilakukan *setting* arus dan waktu pada rele arus lebih (50/51). Pada perhitungan *setting* rele arus lebih ini akan dihitung nilai *low set*, *higt set*, *time dial* dan untuk *time delay* dipilih *grading time* 0.2 s. Setelah perhitungan nilai-nilai untuk *setting* rele arus lebih telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah plot *Time current curve* pada *softwaresimulasi* ETAP 12.6. Sehingga dapat diketahui *setting* koordinasi yang tepat. Pada koordinasi rele harus memperhatikan arus *starting* motor dan arus pengisian (*inrush current*) pada trafo.

4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 1 Alternatif 1

Koordinasi rele tipikal 1 merupakan jalur dengan beban motor terbesar RAW MILL. Koordinasi pada tipikal ini memperhatikan kurva

karakteristik starting dari motor sebesar 7100 kW. Jalur ini melalui 6 rele, antara lain ; rele 831MV041-CB6, rele 831MV041-CB5, rele 821MV011-CB6, rele 821MV011-CB5, rele 811-CB01, dan rele PLN-CB01. Gambar rangkaian tipikal 1 pada alternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Koordinasi rele tipikal 1 alternatif 1

Berikut ini perhitungan parameter parameter dari masing masing rele tipikal 1 pada system kelistrikan alternative 1.

➤ **Rele 831MV041-CB6**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 1000/5

FLA = 847,8

Time overcurrent Pickup

$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min BUS 831MV041}}$

$1,2 (847,8) < I_{set} < 0,8 (8090)$

$1017,36 < I_{set} < 6472$

Dipilih I_{set} = 1020

Tap = $\frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{1020}{1000/5} = 5,1$ DIPILIH 6,83

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3 \times 2,97 \times \left(\frac{5510,7}{1020} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$T = 2,18$

$T \geq 2,18$ dipilih $T = 3,2$

Instantaneous

$I_{set} > 1,3 I_{starting \text{ motor}}$

$I_{set} > 5510,7$

$I_{set} = 5520$

Tap = 27,6

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV041-CB5**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 2500/ 5

$$FLA = 1772 A$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 831MV041}}$$

$$1,2 (1772) < I_{set} < 0,8 \times 8090$$

$$2126,4 < I_{set} < 6472$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 2130$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{2130}{2500/5} = 4,26$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 3 + 0,2 = 3,2 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3,2 \times 2,97 \times \left(\frac{15383}{2130} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 2,73$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{set \text{ rele sebelumnya}} < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 831MV041}}$$

$$1,2 \times 5520 < I_{set} < 0,8 \times 8090$$

$$6624 < I_{set} < 6472$$

$$I_{set} > 6624$$

$$I_{set} = 6625$$

$$\text{Tap} = 13,25$$

$$\text{Delay(s)} = 0,5$$

➤ **Rele 821MV011-CB6**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 2500/5$$

$$FLA = 1772 A$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 821MV041}}$$

$$1,2 (1772) < I_{set} < 0,8 \times 9788$$

$$2126,4 < I_{set} < 7830$$

Dipilih Iset = 2130

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{2130}{2500/5} = 4,26 \text{ dipilih } 4,5$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 3 + 0,2 = 3,2 s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3,2 \times 2,97 \times \left(\frac{15383}{2130} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 2,73$$

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya <Iset< 0,8 Isc min Bus 831MV041

1,2 x 5520 <Iset< 0,8 x 9788

6624 <Iset< 7830

Iset > 6624

I set = 7000

Tap = 14

Delay(s) = 0,7

➤ **Rele 821MV011-CB5**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 3000 / 5

FLA = 2749,28 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 821MV011

1,2 (2749.28) < Iset < 0,8 x 17989

3299 < Iset < 14391,2

Dipilih Iset = 3300

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{3300}{3000/5} = 5,5$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 3,4

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3,4 \times 2,97 \times \left(\frac{27325}{3300} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 3,1$$

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya <Iset< 0,8 Isc min Bus 821MV011

1.2 x 7000<Iset< 0,8 x 17989

8400<Iset<14391.2

Iset>7950

I set = 8400

Tap = 14

Delay(s) = 0,9

➤ **Rele 811-CB01**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 200 / 5

FLA = 115,6 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 811HV01

1,2 (115,5) < Iset < 0,8 x10306

138,56 < Iset <8245

Dipilih Iset = 150

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{150}{200/5} = 3,75$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0.3

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0.3 \times 2,97 \times \left(\frac{12478}{150} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,58 DIPILH 3,2

Instantaneous

1.2 x I_{sc} max Bus 821MV011 < I_{set} < 0,8 I_{sc} min Bus 811HV01

1,2 x 27325 x 6,3/150 < I_{set} < 0,8 x 10306

1377,18 < I_{set} < 8245

I_{set} = 1400

Tap = 35

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele PLN-CB01**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 600/ 5

FLA = 346,5 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} min 811HV011

1,2 (346.5) < I_{set} < 0,8 x 10306

415,8 < I_{set} < 8245

Dipilih I_{set} = 420

Tap = $\frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{420}{600/5} = 3,5$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0.5

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc} \max}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0.5 \times 2,97 \times \left(\frac{12374}{420} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0.74 DIPILIH 1.5

Instantaneous

I_{set} < 0,8 x I_{sc} min Bus 811HV011

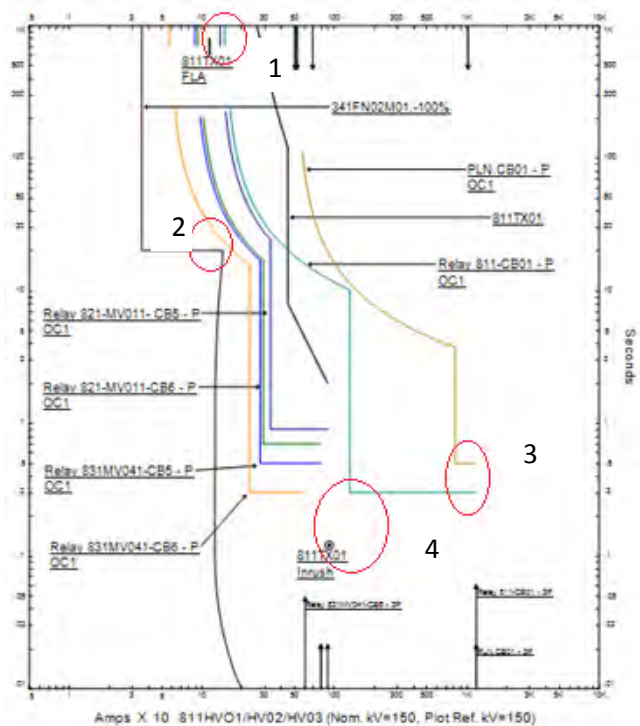
$$I_{set} < 0,8 \times 10306$$

$$I_{set} = 8245$$

$$Tap = 68,7$$

$$Delay(s) = 0,5$$

Dari Perhitungan rele pada tipikal 1 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



Gambar 4.2. Kurva TCC Tipikal 1 alternatif 1

Hasil plot kurva TCC tipikal 1 alternatif 1 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menejelaskan mengenai :

- #### 4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 2 alternatif 1

[illegible]

Gambar 4.3. Koordinasi rele tipikal 2 alternatif 1

➤ **Rele 831MV061-CB2**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 400 / 5

FLA = 146,63 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 I_{sc} min bus 831MV061

1,2 (146,63) < I_{set} < 0,8 (3919)

175.92 < I_{set} < 3135

Dipilih I_{set} = 180

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{180}{400/5} = 2,25$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left(\frac{4928}{180} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,43

Instantaneous

I_{sc} max_{831V061} < I_{set} < 0,8 I_{sc} min BUS 831MV061

1.2 x 29879 x 0,4/6,3 < I_{set} < 0,8 x 3919

2276 < I_{set} < 3135

I_{set} = 2300

Tap = 28,75

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV061-CB1 & Rele 831MV052-CB8**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 400 / 5

$$FLA = 146,7$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min BUS 831MV061}}$$

$$1,2 (146,6) < I_{set} < 0,8 \times 3919$$

$$175,92 < I_{set} < 3135$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 200$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{200}{400/5} = 2,5$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left(\frac{4928}{200} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,70$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{set \text{ rele sebelumnya}} < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 831MV061}}$$

$$2760 < I_{set} < 0,8 \times 3919$$

$$I_{set} > 2760$$

$$I_{set} = 2800$$

$$\text{Tap} = 35$$

$$\text{Delay(s)} = 0,5$$

➤ **Rele 831MV052-CB4 & Rele 821MV021-CB4**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 1200/5$$

$$FLA = 770,24$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 831MV052}}$$

$$1,2 (770,24) < I_{set} < 0,8 \times 9721$$

$$924,88 < I_{set} < 7776,8$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 930$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{930}{1200/5} = 3,72$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left(\frac{14739}{930} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,84$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{set} \text{ rele sebelumnya} < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 831MV052}$$

$$3360 < I_{set} < 0,8 \times 9721$$

$$I_{set} > 3360$$

$$I_{set} = 4000$$

$$\text{Tap} = 16,6$$

$$\text{Delay(s)} = 0,7$$

➤ **Rele 821MV021-CB5**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 3000 / 5$$

$$FLA = 2749,3$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 821MV021}$$

$$1,2 (2749,3) < I_{set} < 0,8 \times 17065$$

$$3298 < I_{set} < 13652$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 3300$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{3300}{3000/5} = 5,5$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,7 + 0,2 = 0,9$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,9 \times 2,97 \times \left(\frac{23700}{3300} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,76$$

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya <Iset < 0,8 Isc min Bus 821MV021

4800 < Iset < 0,8 x 17065

Iset > 4800

I set = 5000

Tap = 8,33

Delay(s) = 0,9

➤ **Rele 811CB02**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 200 / 5

FLA = 115,5

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 811HV01

1,2 (115.5) < Iset < 0,8 x 10306

138.6 < Iset < 8244,8

Dipilih Iset = 140

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{140}{200 / 5} = 3,5 \text{ dipilih } 4$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0.3 \times 2,97 \times \left(\frac{12478}{140} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,59$$

Instantaneous

Isc max Bus 821MV021 <Iset< 0,8 Isc min Bus 811HV01/02/03

$1,2 \times 23700 \times 6,3/150 < Iset < 0,8 \times 10306$

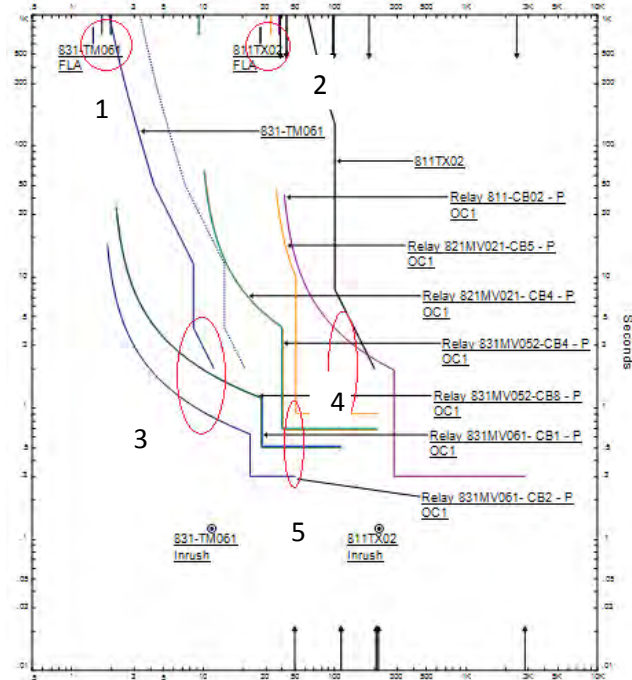
$1194 < Iset < 8244,8$

I set = 1200

Tap = 30

Delay(s) = 0,3

Dari Perhitungan rele pada tipikal 2 didapatkan Time Current Curve



berikut ini :

Gambar 4.4. Kurva TCC Tipikal 2 alternatif 1

➤ **Rele 831MV121-CB3**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 300 / 5

FLA = 229,1 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min bus 831MV121

1,2 (229,10) < Iset < 0,8 (13085)

275 < Iset < 10468

Dipilih Iset = 275

$$\text{Tap} = \frac{Iset}{CTRatio} = \frac{275}{300/5} = 4,58$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{Isc \max}{Iset} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left(\frac{17341}{275} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,54

Instantaneous

1.2 x Isc max Bawah < Iset < 0,8 Isc min BUS 831MV121

1,2 x 25625 x 0,4/6,3 < Iset < 0,8 x 13085

1952 < Iset < 10468

I set = 2000

Tap = 33,3

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV121-CB1 & Rele 821MV042-CB4**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 500 / 5

FLA = 412,4 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 831MV121

1,2 (412.4) < Iset < 0,8 x 13085

$$495 < I_{set} < 10468$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 500$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{500}{500/5} = 5$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left(\frac{17341}{500} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,78$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{set \text{ rele sebelumnya}} < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 831MV121}}$$

$$1,2 \times 2000 < I_{set} < 0,8 \times 13085$$

$$2400 < I_{set} < 10468$$

$$I_{set} = 2400$$

$$\text{Tap} = 24$$

$$\text{Delay(s)} = 0,5$$

➤ **Rele 821MV021-CB8 & Rele 821MV042-CB1**

$$\text{Manufacture} =$$

$$\text{Model} =$$

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 800/5$$

$$FLA = 641,5 \text{ A}$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min Bus 821MV042}}$$

$$1,2 (641,5) < I_{set} < 0,8 \times 17065$$

$$770 < I_{set} < 13652$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 770$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{770}{800/5} = 4,81$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,2 + 0,5 = 0,7 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left(\frac{23700}{770} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 1,05$$

Instantaneous

1.2 x Iset rele sebelumnya < Iset < 0,8 Isc min Bus 831MV042

1.2 x 2400 < Iset < 0,8 x 17065

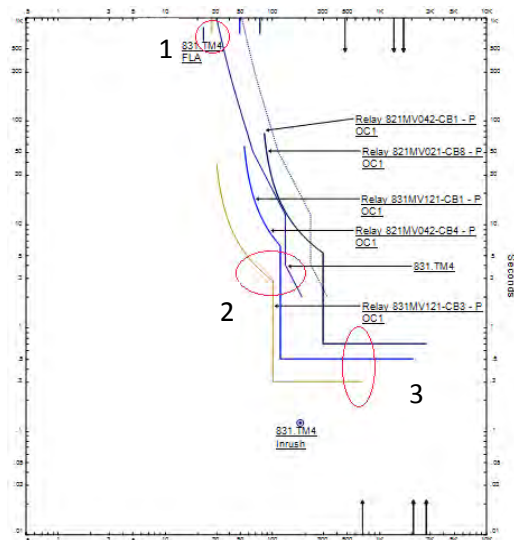
2880 < Iset < 13652

I set = 3000

Tap = 18.75

Delay(s) = 0.7

Dari Perhitungan rele pada tipikal 3 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



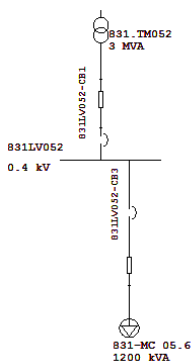
Gambar 4.6. Kurva TCC Tipikal 3 alternatif 1

Hasil plot kurva TCC tipikal 3 alternatif 1 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran 1 menjelaskan mengenai rele 831MV121-CB3 tidak akan trip jika trafo 831TM4 dibebani penuh dikarenakan *lowset* dari rele tersebut berada disebelah kanan FLA trafo.
2. Lingkaran 2 menunjukan bahwa rele 831MV121-CB3 dapat mengamankan dan mengisolasi gangguan sebelum menyentuh kurva damage trafo sehingga trafo 831TM4 aman.
3. Lingkaran 3 menjelaskan mengenai rele pengaman menggunakan grading time sebesar 0.2s

4.4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 4 alternatif 1

Koordinasi pengaman tipikal 4 merupakan koordinasi pengaman *Circuit Breaker Low Voltage* (LVCB) dengan beban terbesar lump. Jalur ini melalui 2 LVCB terletak pada feeder KILN PREHEATER 831LV052 yaitu 831LV052-CB3 dan 831LV052-CB1. Gambar rangkaian tipikal 4 pada alternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Koordinasi rele tipikal 4 alternatif 1

➤ **831LV052- CB3**

Jenis Rele : LV

Model : ELETRONI TRIP UNIT

Frame : 800 A

Tap setting : $I_{FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 I_{FLA}$

: $866 \leq I_{set} \leq 1212$

: pilih I set: 870

Tap (urr set) : Iset/Isensor

: 870/800

: 1,08

LT and : Fixed

STPU setting (pik-up) : $I_{set} \leq (I_{sc \text{ min bus 831LV052/ Isensor})$

: $I_{set} \leq (24084 / 800)$

: $I_{set} \leq 30.1$

: pilih: 3

Time Delay setting : 0,1 s

➤ **831LV052-CB1**

Jenis Rele : LV

Model : ELETRONI TRIP UNIT

Frame : 5000 A

Tap setting : $I_{FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 I_{FLA}$

: $4330,18 \leq I_{set} \leq 6062,178$

: pilih I set: 4400

Tap (urr set) : Iset/Isensor

: 4400/5000

: 0,88

LT and : Fixed

STPU setting (pik-up) : $I_{set} \leq (I_{SMIN\ 831LV052} / I_{sensor})$

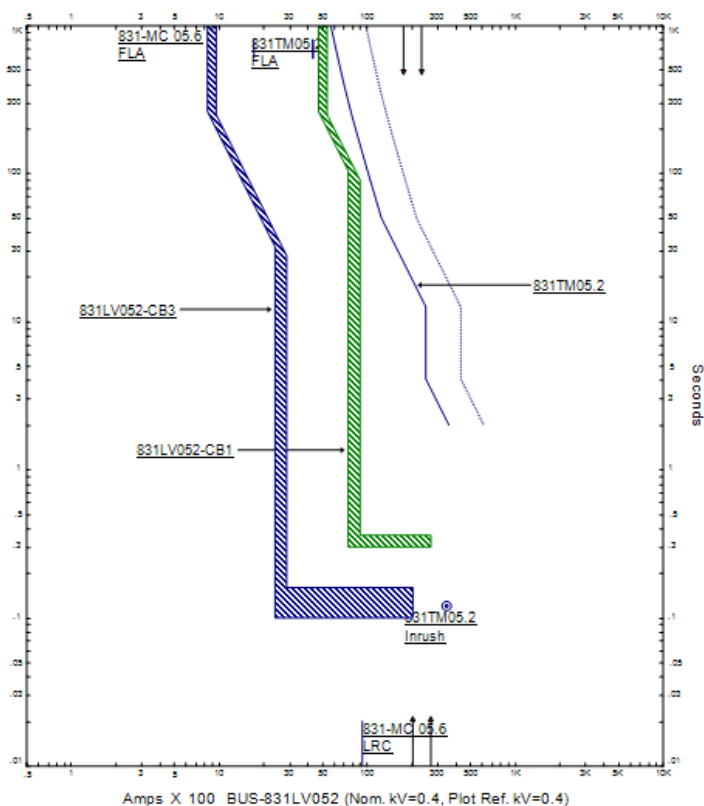
: $I_{set} \leq (24084 / 5000)$

: $I_{set} \leq 4,81$

: pilih: 1,5

Time Delay setting : 0,3 s

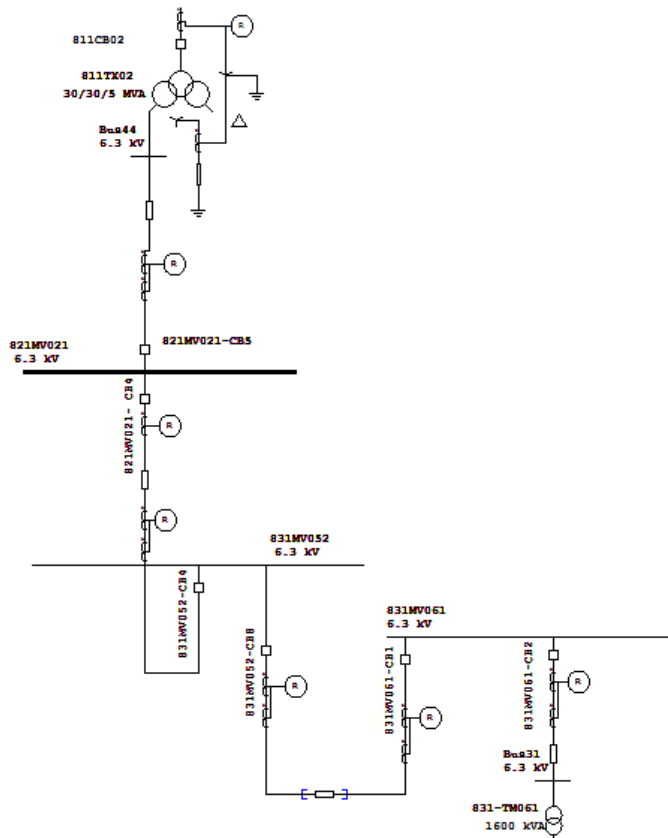
Dari Perhitungan rele pada tipikal 4 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



Gambar 4.8. Kurva TCC Tipikal 4 alternatif 1

4.4.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan tanah Tipikal 5 alternatif 1

Koordinasi rele gangguan tanah tipikal 5 merupakan jalur terpanjang. Jalur ini melalui 7 rele, antara lain ; rele 831MV061-CB2, rele 831MV061-CB1, rele 831MV052-CB8, rele 831MV052-CB4, rele 821MV021-CB4, rele 821MV021-CB5, dan rele 811-CB02. Gambar rangkaian tipikal 2 pada alternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Koordinasi rele GFR typical 5 alternatif 1

➤ **Relay 831MV061-CB2**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < I_{\gg} < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < I_{\gg} < 50% 25 A

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,1 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 831MV061- CB1**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < I_{\gg} < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < I_{\gg} < 50% 25 A

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,3 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 831MV052-CB8**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < I_{\gg} < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < I_{\gg} < 50% 25 A

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,3 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : Disable

➤ **Relay 831MV052-CB4**

Curve Type : Definite Time

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < I_{\gg} < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < I_{\gg} < 50% 25 A

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{300/5} = 0,06$$

Dipilih 0,25

Time Dial

Time dial = 0,5 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : Disable

➤ **Relay 821MV021- CB4**

Curve Type : Definite Time

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < $I_{>>}$ < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < $I_{>>}$ < 50% 25 A

$3,75 < I_{>>} < 12,5$

Dipilih $I_{>>} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0.5 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : Disable

➤ **Relay 821MV021- CB5**

Curve Type : Definite Time

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < $I_{>>}$ < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < $I_{>>}$ < 50% 25 A

$3,75 < I_{>>} < 12,5$

Dipilih $I_{>>} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

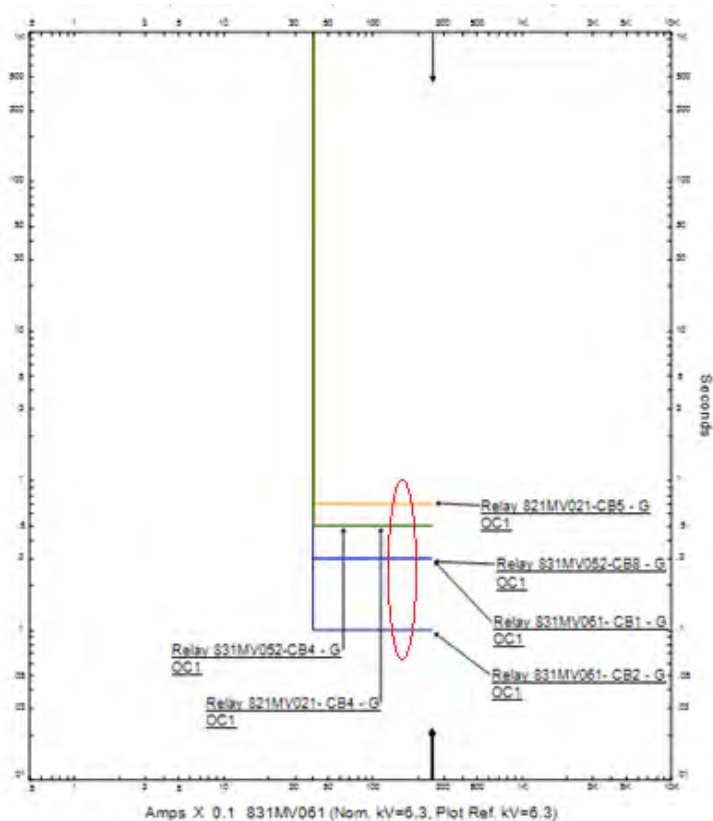
Time Dial

Time dial = 0,7 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : Disable

Dari perhitungan dan analisis diatas didapatkan hasil plotting kurva TCC melalui software sebagai berikut



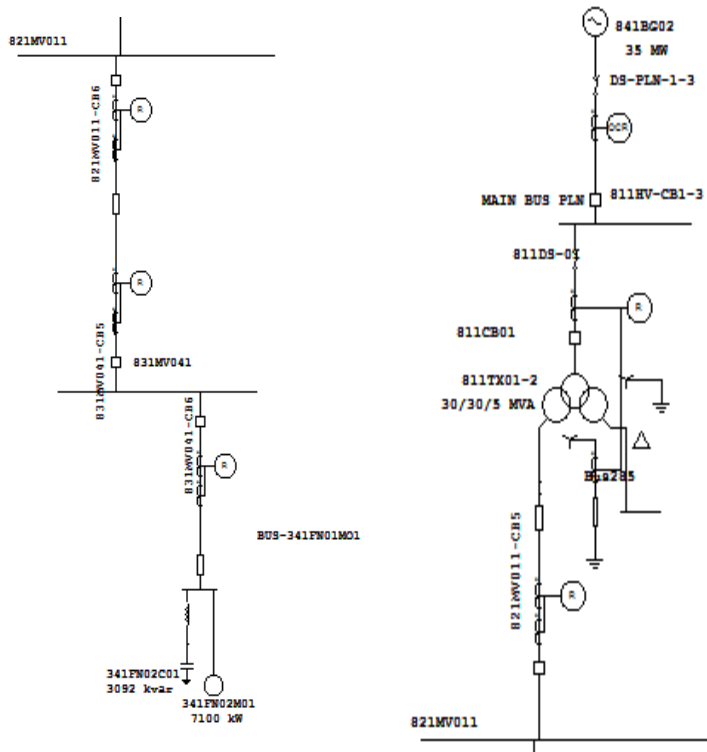
Gambar 4.10. Kurva TCC Tipikal 5 alternatif 1

Hasil plot kurva TCC tipikal 5 alternatif 1 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran menjelaskan mengenai grading dari rele yang digunakan adalah sebesar 0.2s

4.4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan fasa Tipikal 1 alternatif 2

Koordinasi rele tipikal 1 merupakan jalur dengan beban motor terbesar RAW MILL. Koordinasi rele pada tipikal ini memperhatikan kurva karakteristik starting dari motor sebesar 7100 kW. Jalur ini melalui 6 rele, antara lain ; rele 831MV041-CB6, rele 831MV041-CB5, rele 821MV011-CB6, rele 821MV011-CB5, rele 811-CB01, dan rele PLN-CB01. Gambar rangkaian tipikal 1 pada alternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Koordinasi rele tipikal 1 alternatif 2

➤ **Rele 831MV041-CB6**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 1000/5

FLA = 847,8 A

Time overcurrent Pickup

$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc \text{ min BUS 831MV041}}$

$1,2 (847.8) < I_{set} < 0,8 (6470)$

$1017,36 < I_{set} < 5176$

Dipilih I_{set} = 1020

Tap = $\frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{1020}{1000/5} = 5,1$ DIPILIH 6,83

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3 \times 2,97 \times \left(\frac{5510,7}{1020} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 2,18

T ≥ 2,18 dipilih T = 3,2

Instantaneous

$I_{set} > 1,3 I_{starting \text{ motor}}$

$I_{set} > 5510,7$

I set = 5520

Tap = 27,6

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV041-CB5**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 2500/5

FLA = 1772 A

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times \text{FLA} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ Isc min Bus 831MV041}$$

$$1,2 (1772) < I_{\text{set}} < 0,8 \times 6715$$

$$2126,4 < I_{\text{set}} < 5372$$

$$\text{Dipilih } I_{\text{set}} = 2130$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CTRatio}} = \frac{2130}{2500/5} = 4,26$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 3 + 0,2 = 3,2 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{\text{sc max}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3,2 \times 2,97 \times \left(\frac{14573}{2130} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 2,66 \text{ dipilih } 3,2$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{\text{set rele sebelumnya}} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ Isc min Bus 831MV041}$$

$$1,2 \times 5520 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 6715$$

$$6624 < I_{\text{set}} < 5372$$

$$I_{\text{set}} > 6624$$

$$I_{\text{set}} = 6625$$

$$\text{Tap} = 13,25$$

$$\text{Delay(s)} = 0,5$$

➤ **Rele 821MV011-CB6**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$\text{CT Ratio} = 2500/5$$

$$\text{FLA} = 1772 \text{ A}$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times \text{FLA} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ Isc min Bus 831MV041}$$

$$1,2 (1772) < I_{\text{set}} < 0,8 \times 6715$$

$$2126,4 < I_{\text{set}} < 5572$$

$$\text{Dipilih } I_{\text{set}} = 2130$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CTRatio}} = \frac{2130}{2500/5} = 4,26$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 3 + 0,2 = 3,2 s

$$T = \frac{t_d \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3,2 \times 2,97 \times \left(\frac{14573}{2130} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 2,6 dipilih 3,2

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya < Iset < 0,8 Isc min Bus 831MV041

1,2 x 5520 < Iset < 0,8 x 6715

6624 < Iset < 5572

Iset > 6624

I set = 6625

Tap = 13,25

Delay(s) = 0,5

➤ **Rele 821MV011-CB5**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 3000 / 5

FLA = 2749,28 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 821MV011

1,2 (2749,28) < Iset < 0,8 x 11806

3299 < Iset < 9444,8

Dipilih Iset = 3300

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{3300}{3000/5} = 5,5$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 3,4

$$T = \frac{t_d \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{3.4 \times 2.97 \times \left(\frac{22070}{3300} \right)^{0.02} - 1}{0.14}$$

$$T = 2.79$$

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya <Iset< 0,8 Isc min Bus 821MV011

1,2 x 6625<Iset< 0,8 x 11806

7950<Iset<9444.8

Iset>7950

I set = 7950

Tap = 13,25

Delay(s) = 0,7

➤ **Rele 811-CB01**

Manufacture =

Model =

Curve Type = *Standart Inverse Time (SIT)*

CT Ratio = 2000 / 5

FLA = 1575 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 811HV01

1,2 (1575) < Iset < 0,8 x 17256

1890 < Iset < 13804

Dipilih Iset = 1900

$$\text{Tap} = \frac{Iset}{CTRatio} = \frac{1900}{2000/5} = 4.75$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3

$$T = \frac{td \times 2.97 \times \left(\frac{Isc \max}{Iset} \right)^{0.02} - 1}{0.14}$$

$$T = \frac{0.3 \times 2.97 \times \left(\frac{31969}{1900} \right)^{0.02} - 1}{0.14}$$

T = 0,36 DIPILH 3,2

Instantaneous

Iset < 0,8 Isc min Bus 811HV01

Iset < 0,8 x 17256

Iset < 13804

I set = 8100

Tap = 20,5

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele Generator**

Curve Type = Extremely Inverse Time(EIT)

CT Ratio = 3000/ 5

FLA = 2296

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min 811HV011

1,2 (2296) < Iset < 0,8 x 17256

2755,2 < iset < 13804

Dipilih Iset = 2756

Tap = $\frac{Iset}{CTRatio} = \frac{2756}{3000/5} = 4,59$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,5

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{Isc \max}{Iset} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left(\frac{31969}{2756} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,53 dipilih 1,5

Instantaneous

Iset < 0,8 x Isc min Bus 811HV011

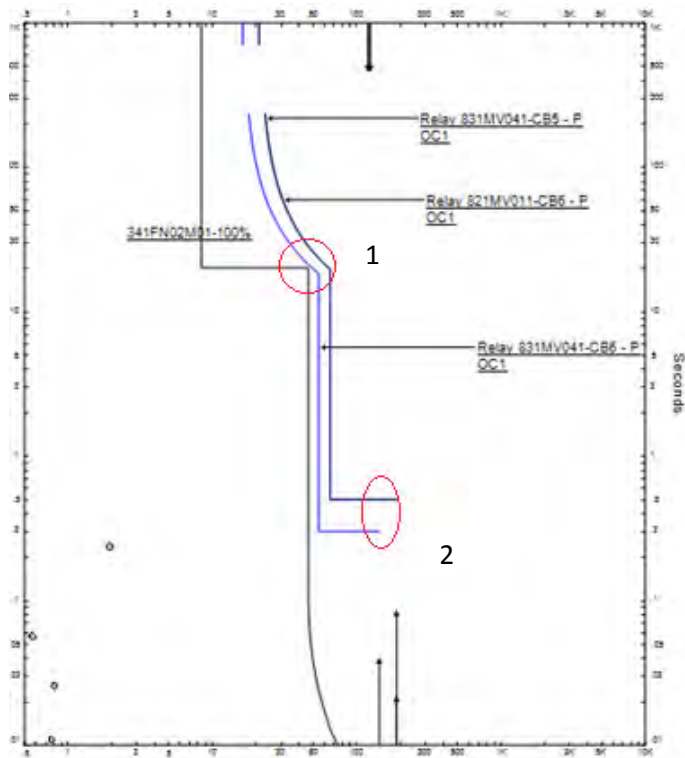
Iset < 0,8 x 17256

I set = 9000

Tap = 3

Delay(s) = 0,5

Dari Perhitungan rele pada tipikal 1 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



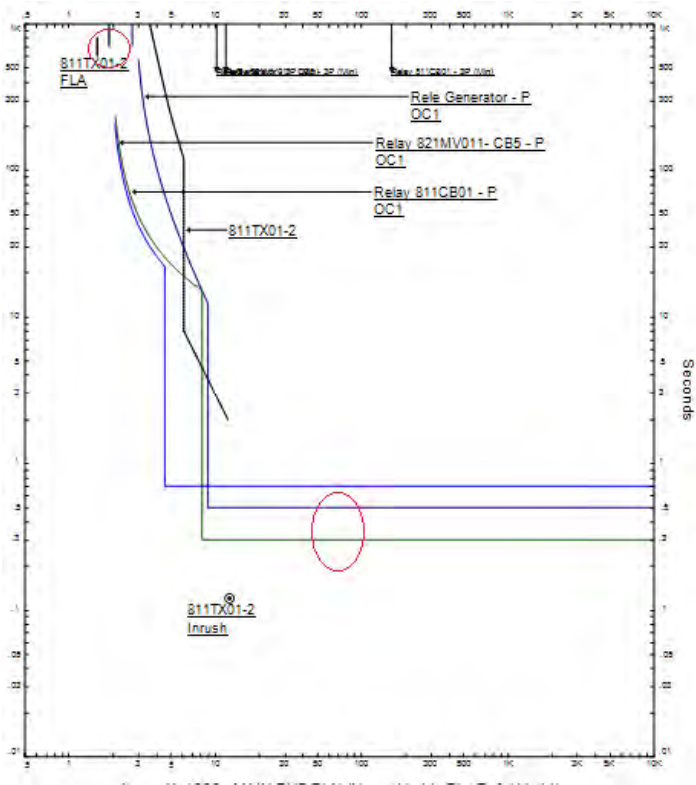
Gambar 4.12. Kurva TCC Tipikal 1 alternatif 2 (1)

Hasil plot kurva TCC tipikal 1 alternatif 2 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran 1 merupakan kurva *starting* motor, dimana menggambarkan lonjakan arus pada saat motor starting. Kurva rele 831MV041-CB6 berada pada batas aman karena tidak overlap

dengan kurva *starting* motor, jadi ketika motor di *starting* rele tidak akan trip.

2. Lingkaran 2 menunjukkan *grading time* dari rele yang menggunakan grading sebesar 0.2s



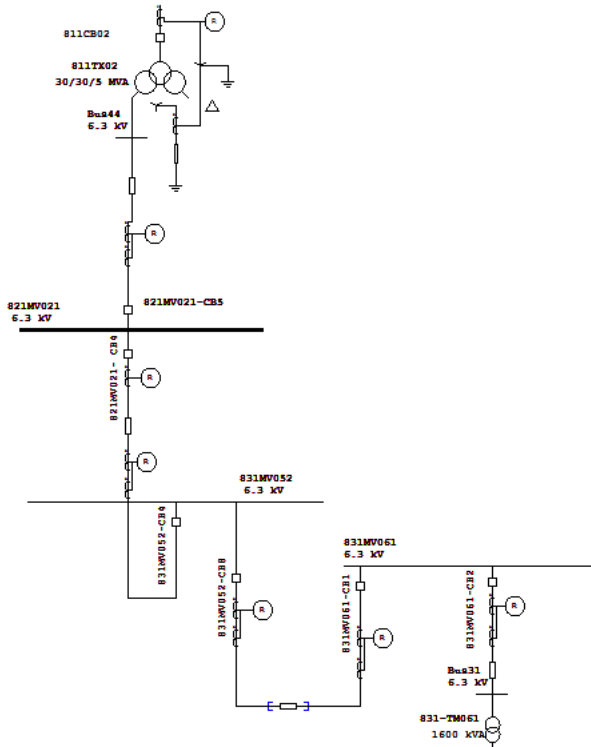
Gambar 4.13. Kurva TCC Tipikal 1 alternatif 2 (2)

Hasil plot kurva TCC tipikal 1 alternatif 2 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran merah 1 menjelaskan mengenai rele 821MV011-CB5 tidak akan trip jika trafo 811TX01 dibebani penuh dikarenakan lowest dari rele tersebut berada disebelah kanan FLA trafo.
2. Lingkaran 2 menunjukan *grading time* dari rele yang menggunakan grading sebesar 0.2s

4.4.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan fasa Tipikal 2 alternatif 2

Koordinasi rele tipikal 2 merupakan jalur terpanjang. Jalur ini melalui 7 rele, antara lain ; rele 831MV061-CB2, rele 831MV061-CB1, rele 831MV052-CB8, rele 831MV052-CB4, rele 821MV021-CB4, rele 821MV021-CB5, dan rele 811-CB02. Gambar rangkaian tipikal 2 pada alternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Koordinasi rele tipikal 2 alternatif 2

➤ **Rele 831MV061-CB2**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 400 / 5

FLA = 146,6 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 I_{sc} min bus 831MV061

1,2 (146,63) < I_{set} < 0,8 (3645)

175,92 < I_{set} < 2916

Dipilih I_{set} = 180

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{180}{400/5} = 2,25$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left(\frac{4800}{180} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,43

Instantaneous

I_{sc} max_{831lv061} < I_{set} < 0,8 I_{sc} min BUS 831MV061

1.2 x 27998 x 0,4/6,3 < I_{set} < 0,8 x 3645

2133 < I_{set} < 2916

I_{set} = 2150

Tap = 26,9

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV061-CB1 & Rele 831MV052-CB8**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 400 / 5

FLA = 146,6 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 I_{sc} min BUS 831MV061

1,2 (146.6) < I_{set} < 0,8 x 3645

175.92 < I_{set} < 2916

Dipilih I_{set} = 200

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{Ratio}} = \frac{200}{400/5} = 2,5$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,2 + 0,3 = 0,5 s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left(\frac{4800}{200} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,69$$

Instantaneous

1,2 x I_{set} rele sebelumnya < I_{set} < 0,8 I_{sc} min Bus 831MV061

2560 < I_{set} < 0,8 x 3645

I_{set} > 2560

I_{set} = 2560

Tap = 32

Delay(s) = 0,5

➤ **Rele 831MV052-CB4 & Rele 821MV021-CB4**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 1200/ 5

FLA = 770,2 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} min Bus 831MV052

1,2 (770.24) < I_{set} < 0,8 x 7556

924,88 < I_{set} < 6044,8

Dipilih I_{set} = 930

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{ratio}} = \frac{930}{1200/5} = 3,87$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left(\frac{12065}{930} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,78$$

Instantaneous

$$1,2 \times I_{set} \text{ rele sebelumnya } < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 831MV052}$$

$$3072 < I_{set} < 0,8 \times 7556$$

$$I_{set} > 3072$$

$$I_{set} = 3075$$

$$\text{Tap} = 12,81$$

$$\text{Delay(s)} = 0,7$$

➤ **Rele 821MV021-CB5**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 3000 / 5$$

$$FLA = 2749,3 \text{ A}$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 821MV021}$$

$$1,2 (2749,3) < I_{set} < 0,8 \times 11259$$

$$3298 < I_{set} < 9007,2$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 3300$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTR_{ratio}} = \frac{3300}{3000/5} = 5,5$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,7 + 0,2 = 0,9$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,9 \times 2,97 \times \left(\frac{18865}{3300} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,69 dipilih 0,14

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya <Iset < 0,8 Isc min Bus 821MV021

3690 < Iset < 0,8 x 11259

Iset > 3690

I set = 6000

Tap = 10

Delay(s) = 0,9

➤ **Rele 811CB02**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 2000 / 5

FLA = 1575

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 Isc min Bus 811HV01/02/03

1,2 (1575) < Iset < 0,8 x 17256

1890 < Iset < 13804

Dipilih Iset = 3300

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{1890}{2000/5} = 4,72$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0.3 \times 2,97 \times \left(\frac{31969}{3300} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,29$$

Instantaneous

Iset < 0,8 Isc min Bus 811HV01/02/03

Iset < 0,8 x 17256

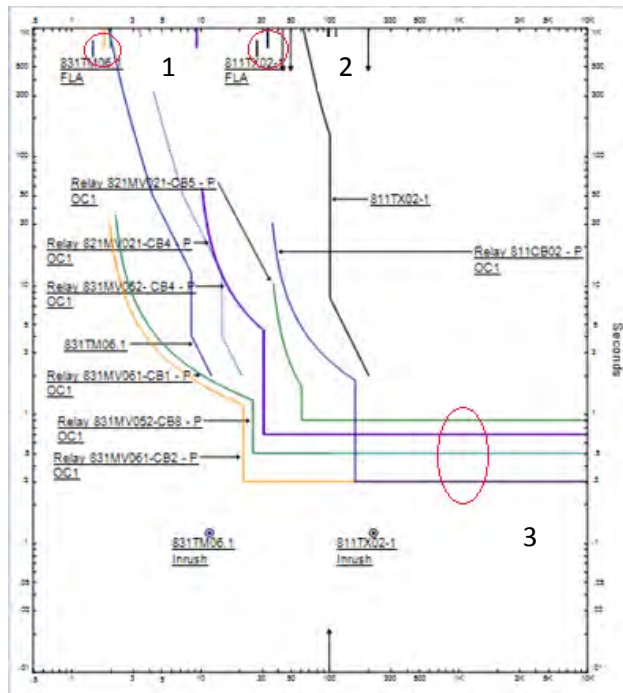
Iset < 13804

I set = 8000

Tap = 20

Delay(s) = 0,3

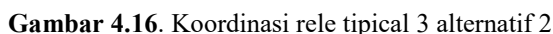
Dari Perhitungan rele pada tipikal 2 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



Gambar 4.15. Kurva TCC Tipikal 2 alternatif 2

1. Lingkaran merah 1 menjelaskan mengenai rele 831MV061-CB2 tidak akan trip jika trafo 8311TM061 dibebani penuh dikarenakan *lowset* dari rele tersebut berada disebelah kanan FLA trafo.
2. Lingkaran merah 2 menjelaskan mengenai rele 821MV021-CB5 tidak akan trip jika trafo 811TX02 dibebani penuh dikarenakan *lowset* dari rele tersebut berada disebelah kanan FLA trafo.
3. Lingkaran 3 menjelaskan mengenai rele pengamanan menggunakan *grading time* sebesar 0.2s

Koordinasi rele tipikal 1 merupakan jalur terpanjang. Jalur ini melalui 7 rele, antara lain ; rele 831MV061-CB2, rele 831MV061-CB1, rele 831MV052-CB8, rele 831MV052-CB4, rele 821MV021-CB4, rele 821MV021-CB5, dan rele 811-CB02. Gambar rangkaian tipikal 2 pada lalternatif 1 dapat dilihat pada gambar 4.16.



➤ **Rele 831MV121-CB3**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 300 / 5

FLA = 229,1 A

Time overcurrent Pickup

1,2 x FLA < I set < 0,8 I_{sc} min bus 831MV121

1,2 (229,10) < Iset < 0,8 (9404)

275 < Iset < 7523

Dipilih Iset = 275

Tap = $\frac{Iset}{CTRatio} = \frac{275}{300/5} = 4,58$

Time dial

Dipilih waktu operasi (td) = 0,3s

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{Iset} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left(\frac{14680}{275} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

T = 0,52

Instantaneous

1.2 x I_{sc} max Bawah < Iset < 0,8 I_{sc} min BUS 831MV121

1,2 x 25234 x 0,4/6,3 < Iset < 0,8 x 9404

1922 < Iset < 7523

I set = 1925

Tap = 32

Delay(s) = 0,3

➤ **Rele 831MV121-CB1 & Rele 821MV042-CB4**

Curve Type = Standart Inverse Time (SIT)

CT Ratio = 500 / 5

FLA = 412,4 A

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 831MV121}$$

$$1,2 (412,4) < I_{set} < 0,8 \times 9404$$

$$495 < I_{set} < 7523$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 500$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{500}{500/5} = 5$$

Time dial

$$\text{Dipilih waktu operasi (td)} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ s}$$

$$T = \frac{td \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc} \max}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left(\frac{14680}{500} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,74$$

Instantaneous

$$1.2 \times I_{set} \text{ rele sebelumnya} < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 831MV121}$$

$$1.2 \times 1925 < I_{set} < 0,8 \times 9404$$

$$2310 < I_{set} < 7523$$

$$I_{set} = 2310$$

$$\text{Tap} = 23,1$$

$$\text{Delay(s)} = 0,5$$

➤ **Rele 821MV021-CB8 & Rele 821MV042-CB1**

$$\text{Curve Type} = \text{Standart Inverse Time (SIT)}$$

$$CT \text{ Ratio} = 800/5$$

$$FLA = 641,5 \text{ A}$$

Time overcurrent Pickup

$$1,2 \times FLA < I_{set} < 0,8 I_{sc} \text{ min Bus 821MV042}$$

$$1,2 (641,5) < I_{set} < 0,8 \times 11259$$

$$770 < I_{set} < 9682,4$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 770$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CTRatio} = \frac{770}{800/5} = 4,81$$

Time dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,2 + 0,5 = 0,7 s

$$T = \frac{t_d \times 2,97 \times \left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left(\frac{18865}{770} \right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$T = 0,98$$

Instantaneous

1,2 x Iset rele sebelumnya < Iset < 0,8 I_{sc} min Bus 831MV042

1,2 x 2310 < Iset < 0,8 x 17065

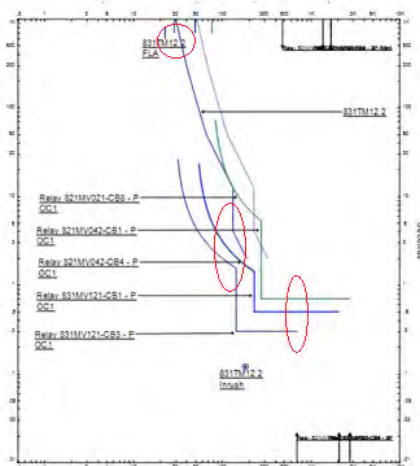
2772 < Iset < 13652

I set = 2775

Tap = 17,34

Delay(s) = 0,7

Dari Perhitungan rele pada tipikal 3 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



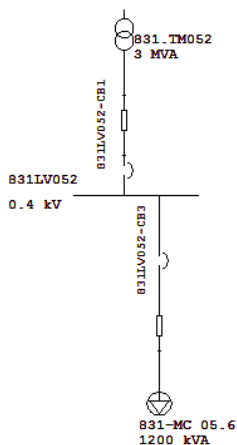
Gambar 4.17. Kurva TCC Tipikal 3 alternatif 2

Hasil plot kurva TCC tipikal 3 alternatif 2 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran 1 menjelaskan mengenai rele 831MV121-CB3 tidak akan trip jika trafo 831TM4 dibebani penuh dikarenakan *lowset* dari rele tersebut berada disebelah kanan FLA trafo.
2. Lingkaran 2 menunjukan bahwa rele 831MV121-CB3 dapat mengamankan dan mengisolasi gangguan sebelum menyentuh kurva damage trafo sehingga trafo 831TM4 aman.
3. Lingkaran 3 menjelaskan mengenai rele pengaman menggunakan grading time sebesar 0.2s

4.4.9 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan fasa Tipikal 4 alternatif 2

Koordinasi rele tipikal 1 merupakan jalur terpanjang. Jalur ini melalui 7 rele, antara lain ; rele 831MV061-CB2, rele 831MV061-CB1, rele 831MV052-CB8, rele 831MV052-CB4, rele 821MV021-CB4, rele 821MV021-CB5, dan rele 811-CB02. Gambar rangkaian tipikal 4 pada laternatif 2 dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. Koordinasi rele tipikal 4 alternatif 2

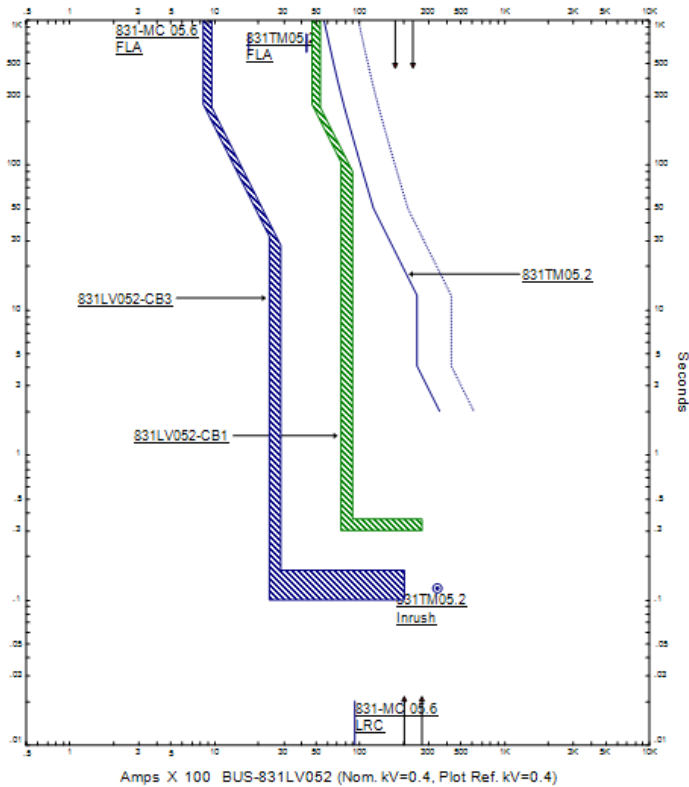
831LV052- CB3

Jenis Rele	: LV
Model	: ELETRONI TRIP UNIT
Frame	: 800 A
Tap setting	: $I_{FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 I_{FLA}$: $866 \leq I_{set} \leq 1212$: pilih I set: 870
Tap (urr set)	: Iset/Isensor : 870/800 : 1,08
LT and	: Fixed
STPU setting (pik-up)	: $I_{set} \leq (I_{sc \min} \text{ bus 831LV052/ Isensor})$: $I_{set} \leq (22953 / 800)$: $I_{set} \leq 28,6$: pilih: 3
Time Delay setting	: 0,1 s

831LV052-CB1

Jenis Rele	: LV
Model	: ELETRONI TRIP UNIT
Frame	: 5000 A
Tap setting	: $I_{FLA} \leq I_{set} \leq 1.4 I_{FLA}$: $4330,18 \leq I_{set} \leq 6062,178$: pilih I set: 4400
Tap (urr set)	: Iset/Isensor : 4400/5000 : 0,88
LT and	: Fixed
STPU setting (pik-up)	: $I_{set} \leq (I_{SMIN} \text{ 831LV052/ Isensor})$: $I_{set} \leq (22953 / 5000)$: $I_{set} \leq 4,5$: pilih: 1,5
Time Delay setting	: 0,2 s

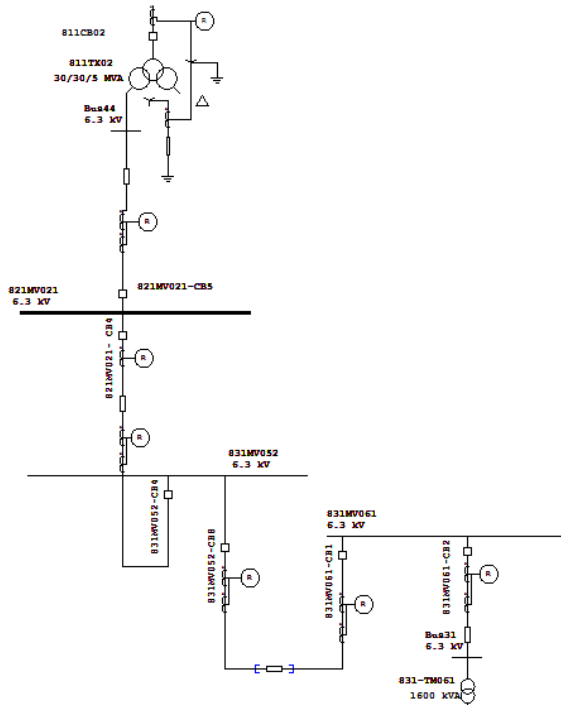
Dari Perhitungan rele pada tipikal 4 didapatkan Time Current Curve berikut ini :



Gambar 4.19. Kurva TCC Tipikal 4 alternatif 2

4.4.10 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan tanah Tipikal 5 alternatif 2

Koordinasi rele tipikal 1 merupakan jalur terpanjang. Jalur ini melalui 7 rele, antara lain ; rele 831MV061-CB2, rele 831MV061-CB1, rele 831MV052-CB8, rele 831MV052-CB4, rele 821MV021-CB4, rele 821MV021-CB5, dan rele 811-CB02. Gambar rangkaian tipikal 2 pada laternatif 1 dapat dilihat pada gambar xx.



Gambar 4.20. Koordinasi rele GFR tipikal 5 alternatif 2

➤ **Relay 831MV061-CB2**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) $Ingr < I_{set} < 50 \% Ingr$

(5-15%) $25 A < I_{set} < 50\% 25 A$

$3,75 < I_{set} < 12,5$

Dipilih $I_{set} = 4 A$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,1 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 831MV061- CB1**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) $\text{Ingr} < I_{\gg} < 50 \% \text{ Ingr}$

(5-15%) $25 \text{ A} < I_{\gg} < 50\% 25 \text{ A}$

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,3 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 831MV052-CB8**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) $\text{Ingr} < I_{\gg} < 50 \% \text{ Ingr}$

(5-15%) $25 \text{ A} < I_{\gg} < 50\% 25 \text{ A}$

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

Time Dial

Time dial = 0,3 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 831MV052-CB4**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) $\text{Ingr} < I_{\gg} < 50 \% \text{ Ingr}$

(5-15%) $25 \text{ A} < I_{\gg} < 50\% 25 \text{ A}$

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4 \text{ A}$

$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{300/5} = 0.06$

Dipilih 0,25

Time Dial

Time dial = 0,5 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 821MV021- CB4**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) $\text{Ingr} < I_{\gg} < 50 \% \text{ Ingr}$

(5-15%) $25 \text{ A} < I_{\gg} < 50\% 25 \text{ A}$

$3,75 < I_{\gg} < 12,5$

Dipilih $I_{\gg} = 4 \text{ A}$

$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$

Time Dial

Time dial = 0.5 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : *Disable*

➤ **Relay 821MV021- CB5**

Curve Type : *Definite Time*

CT ratio : 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

(5-15 %) Ingr < $I_{>>}$ < 50 % Ingr

(5-15%) 25 A < $I_{>>}$ < 50% 25 A

$3,75 < I_{>>} < 12,5$

Dipilih $I_{>>} = 4$ A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT ratio}} = \frac{4}{50/5} = 0,4$$

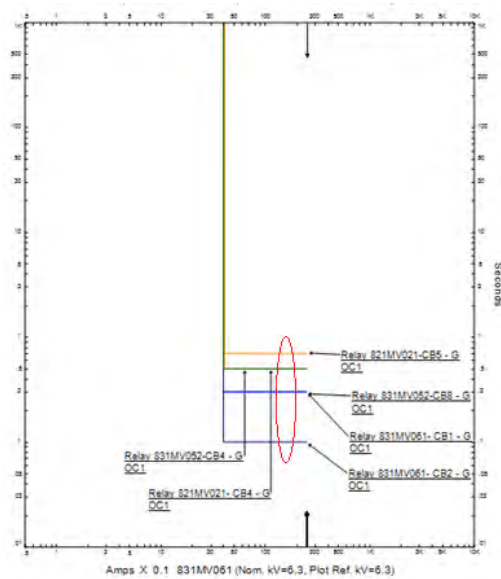
Time Dial

Time dial = 0,7 s

Instantaneous Pickup

Setting Instantaneous : Disable

Dari perhitungan dan analisis diatas didapatkan hasil plotting kurva TCC melalui software sebagai berikut



Gambar 4.21. Kurva TCC Tipikal 5 GFR alternatif 2

Hasil plot kurva TCC tipikal 5 alternatif 2 dapat dilihat pada gambar diatas, dimana terdapat lingkaran lingkaran merah yang dapat menjelaskan koordinasi dari tipikal rele. Lingkaran merah menjelaskan mengenai :

1. Lingkaran menjelaskan mengenai grading dari rele yang digunakan adalah sebesar 0.2s

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi rele pengaman pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan sumber dalam tiap alternatif berpengaruh pada *setting* rele arus lebih instan dikarenakan setting arus lebih instan bergantung pada arus gangguan yang terjadi (*Short Circuit*). Dapat dikatakan perbedaan sumber berpengaruh pada *magnitude* arus gangguan yang terjadi.
2. Dalam desain koordinasi proteksi banyak hal yang perlu dipertimbangkan mulai dari *load flow system* untuk mengetahui besar arus yang mengalir pada tiap feeder, tes *short circuit* dimana digunakan untuk *setting* rele instan arus lebih, kurva *starting* motor, kurva generator, arus *inrush* trafo dan kurva *damage trafo*.
3. Untuk koordinasi kurva arus waktu untuk rele arus lebih gangguan tanah hanya menggunakan *setting* 51G. Dan nilai arus berdasarkan NGR pada sistem.
4. Dalam setting rele arus lebih gangguan tanah antara alternative 1 dan alternatif 2 tidak ada perbedaan karena nilai NGR yang digunakan pada TRAFO bernilai sama yaitu 25 A.
5. *Grading time* yang digunakan untuk koordinasi kerja dari rele pengaman adalah sebesar 0.2 detik. Hal ini dianggap sesuai karena dengan *Grading time* sebesar 0.2 – 0,4 detik dapat memberikan waktu yang cukup kepada rele pengaman utama untuk selesai memutus gangguan terlebih dahulu. Sehingga kejadian *trip* secara bersamaan antara rele pengaman utama dan rele *backup* pada saat terjadi gangguan hubung singkat dapat dihindari dan koordinasi kerja antar rele dapat berjalan dengan baik. Pemilihan *Grading time* sebesar 0.2 dan 0.3 detik dianggap paling sesuai mengingat rele yang digunakan adalah rele digital. Pemilihan *Grading time* sebesar 0.2 detik sesuai dengan standar IEEE 242.

5.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil studi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat menjadi masukan kedepannya, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk *setting* koordinasi pengaman diusahakan waktu harus cepat dan memenuhi *grading time* yang telah ditentukan agar jika terjadi gangguan pengaman dapat bekerja dengan sebagaimana mestinya.
2. Dari *setting* rele pengaman yang didapat dan hasil dari plot kurva arus waktu *resetting* dapat dijadikan pertimbangan dan referensi dalam melakukan *setting* rele pengaman pada PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh.
3. Perlu dikaji ulang besar nilai NGR antara tiap alternative.
4. Untuk studi selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan pertimbangan *arus harmonisa yang terjadi* pada koordinasi proteksi PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh. Pertimbangan arus harmonisa pada koordinasi proteksi PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh dapat meningkatkan standar keandalan pengaman dalam mengamankan gangguan.
5. Perlu juga diadakan study untuk mitigasi arus gangguan agar gangguan yg terjadi tidak terlalu besar dan mengurangi dampak buruk ke peralatan listrik dalam system.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, "*Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [2] Soeprijanto, Adi "*Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2*", Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [3] Lazar irwin "*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant*", McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980
- [4] Gurevich, Vladimir, "*Electric Relays, Principle and application*", CRCPress, USA, Ch. 10, 2006
- [5] IEEE std 242-2001, "*IEEE Recommended Practice for Protection and Cordination of Industrial and Commercial Power System*"The institute of Electrical and Electronic Engineering, Inc, New York, Ch 15, 2001.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Erwin Darussalam Pratama. Lahir di Mojokerto pada tanggal 23 Juli 1992. Penulis ini mengawali pendidikannya di SDN Balongsari VII Mojokerto, kemudian melanjutkan ke SMPN 2 Mojokerto pada tahun 2005. Setelah lulus dari SMPN 2 Mojokerto pada tahun 2008 penulis melanjutkan pendidikannya ke SMAN 1 Sooko Mojokerto. Kemudian setelah lulus dari SMAN 1 Sooko Mojokerto pada tahun 2011, penulis melanjutkan studi di PENS-ITS, Jurusan D3 Teknik Elektro Industri. Kemudian setelah lulus dari D3 Elektro industri PENS-ITS pada tahun 2014, penulis melanjutkan studi Lintas Jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, jurusan Teknik Elektro, mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Semasa kuliah penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi mahasiswa. Penulis juga aktif di komunitas riset mobil listrik tahun 2013-2014.